WIADOMOŚCI

TECHNICZNO-ARTYLERYJSKIE

Nr. 3.

PAŹDZIERNIK — 1929

TREŚĆ:

SOMMAIRE:

UWAGA: Liczby, umieszczone nad tytułami poszczególnych artykułów w tekście, oznaczają symbole klasyfikacji dziesiętnej.

Mjr. inż. LUBAŃSKI STANISŁAW.

PROJEKTOWANIE POCISKÓW ARTYLERYJSKICH.

Praca niniejsza jest wolnym przekładem broszury, wydanej przez zakłady Schneider[1]) i Co. we Francji, pod tytułem: „Etude d'un obus explosif pour un matériel d'artillerie donné".

ROZDZIAŁ I.

ROZWIĄZANIE OGÓLNE.

Zadanie może być rozwiązane w zależności od danych założonych przy rozwiązywaniu zadania.

Bywa również tak, że dane są w takiej liczbie, że pocisk artyleryjski jest wprost określony temi danemi w swych ogólnych formach.

Będzie to w wypadku, naprzykład, kiedy dane ustalają kaliber pocisku, szybkość początkową, donośność największą, ciężar pocisku oraz ciężar materjału wybuchowego.

W tym wypadku pozostaje tylko do sprawdzenia, czy pocisk określony powyższemi danemi, jest wykonalny.

Ponieważ szybkość początkowa i donośność przy największym kącie podniesienia są znane, wzory balistyczne pozwalają na określenie spółczynnika balistycznego *c*.

Jednocześnie wiemy, że spółczynnik balistyczny

---

[1]) Autor powiadomił Redakcję, iż firma Schneider i Co wyraziła zgodę na ogłoszenie niniejszej pracy w „Wiadomościach Techniczno - Artyleryjskich" (przyp. Red.).

$$c = \frac{i \Delta a^2}{p}, \text{ gdzie}$$

i jest spółczynnik kształtu, czyli sin γ [2]).
(γ jest połowa kąta łuku fikcyjnego)
Δ—waga metra sześciennego powietrza
a—kaliber działa
p—ciężar pocisku.

W równaniu powyższem *wszystko jest wiadome* oprócz i; otrzymujemy więc

$$i = \frac{p\,c}{\Delta\, a^2} = \sin \gamma.$$

Znajomość praktyczna właściwości balistycznych pocisków pozwala określić, czy wartość i czyli γ jest dopuszczalną przy warunku zachowania szybkości początkowej, ciężaru oraz pojemności pocisku.

Jeśli tak nie jest, to jesteśmy zmuszeni zmienić jakikolwiek z założonych warunków, zwiększyć, np., v_0 lub p, aby otrzymać donośność przepisaną etc.

Przejdźmy teraz do wypadku więcej ogólnego, oraz więcej logicznego, wymagającego rzeczywistego projektowania pocisku.

Dane założone:

ciężar działa — i w konsekwencji:

1) energja wylotowa ($\frac{1}{2}\, mV^2$), ograniczona przez wytrzymałość lufy,
2) ilość ruchu (mV), ograniczona przez wytrzymałość podstawy (łoża),
3) donośność największa do otrzymania (X_m),
4) oraz ciężar materjału wybuchowego (p'), zawartego w pocisku.

Dla większej jasności przejdźmy do wypadku konkretnego, spróbujmy, naprzykład, zaprojektować pocisk dla działa górskiego 75 mm.

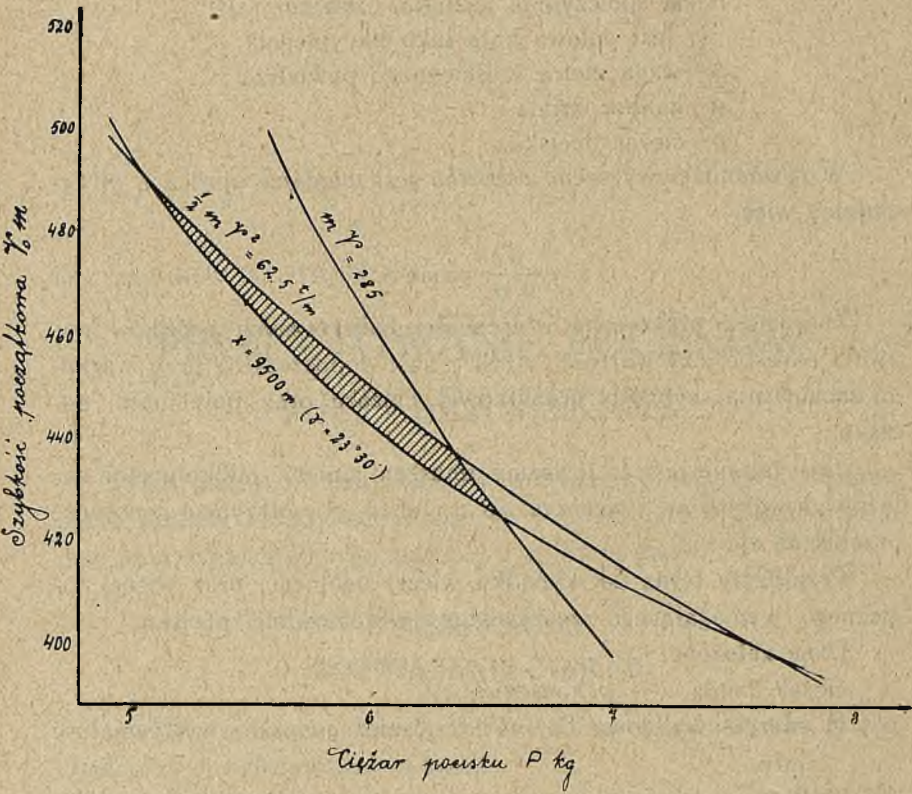
W tym wypadku mamy założone:

1) $\frac{1}{2}\, mV^2 \leqslant 62{,}5$ metrotonn, czyli $pV^2 \leqslant 1226000$ kg. m.
2) $mV \leqslant 285$ m/kg., czyli $pV \leqslant 2795$ m/kg.,
3) donośność przy $40^0 \geqslant 9500$ m,
4) ciężar materjału wybuchowego $\geqslant 0{,}720$ kg.

---

[2]) Na początku określano spółczynnik kształtu, jako sin. połowy kąta ostrołuku; ze względów historycznych Komisje doświadczalne w dalszym ciągu i określają kąt ten symbolem γ; na zasadzie powyższego zakładamy $i = \sin \gamma$.

Przy projektowaniu będziemy się posługiwali krzywą, uwidocznioną na rys. Nr. 1.



Rys. 1.

Na krzywej tej oznaczymy na rzędnych ciężar pocisków, a na odciętych — szybkości początkowe.

Krzywa energij wylotowych.

Warunek $pV^2 = 1226000$ czyli $p = \frac{1226000}{V^2}$

pozwala na wykreślenie krzywej, określonej przez punkty:

$V_m =$	400	420	440	460	480	500
$p_{kg} =$	7,661	6,949	6,334	5,795	5,322	4,905

Rozwiązania (pV^2), odpowiadające warunkowi energji wylotowej mniejszej od 62,5 mtrt. znajdują się w strefie położonej poniżej krzywej $^1/_2\ mV^2$.

Krzywa ilości ruchu.

Warunek

$$pV = 2795 \text{ czyli } p = \frac{2795}{V}$$

pozwala na wykreślenie krzywej ilości ruchu, określonej przez punkty:

V m. =	400	420	440	460	480	500
p kg. =	6,987	6,655	6,353	6,078	5,824	5,590

Rozwiązania (pV), odpowiadające warunkowi ilości ruchu mniejszej od 285 m/kg znajdują się w strefie, położonej poniżej krzywej mV.

Krzywa donośności.

Określenie donośności osiągalnych przy użyciu określonego pocisku wymaga znajomości jego spółczynnika balistycznego czyli inaczej, przy znanym ciężarze pocisku, znajomości spółczynnika kształtu i czyli sin γ.

Tutaj wchodzi w grę doświadczenie, nabyte przez zaznajomienie się z poprzedniemi próbami balistycznemi; najmniejsze γ dopuszczalne zależy nietylko od kształtów pocisku, lecz jeszcze od jego obciążenia właściwego $\left(\frac{p}{a^3}\right)$, czyli inaczej gęstości przekroju, a nawet i od szybkości początkowej.

Dla pocisku 75 mm, kształtu dobrze wystudjowanego, wystrzelonego przy szybkości początkowej 400—500 m i przy obciążeniu właściwem (p/a^3) mniejszem od 14 ($p \geqslant$ około 5,9 kg) najmniejsze γ dopuszczalne jest $23^0 30'$.

γ może być mniejsze przy obciążeniu właściwem (p/a^3) większem od 17 ($p \geqslant 7{,}200$ kg), lecz ciężar ten już *nie zadośćuczyni* warunkowi pojemności materjału wybuchowego.

Odwrotnie, dla p/a^3 mniejszego od 13 ($p < 5{,}500$ kg), γ będzie większe od $23^0 30'$; powrócimy jeszcze do tego wypadku.

Streszczając, zachowamy chwilowo dla γ wartość $23^0 30'$ przy każdym ciężarze pocisku, co w rzeczywistości *odpowiada* średnim wartościom p/a^3 i *wydajności materjału wybuchowego*, określonej warunkami.

Otrzymamy więc:

$$i = \sin 23^0 30' = 0{,}3988.$$

Spółczynnik balistyczny pocisku o ciężarze p otrzymamy ze wzoru

$$c = \frac{i \Delta a^2}{p} = \frac{0,00270}{p} \text{ i odwrotnie } p = \frac{i \Delta a^2}{c} = \frac{0,00270}{c}$$

Z tego wynika, że skala ciężaru pocisków może być jednocześnie uważana za skalę spółczynnika balistycznego; dość jest, wszakże, obliczyć kilka punktów, odpowiadających wartościom c; i tak dla $\gamma = 23^0 30'$, znajdujemy:

$c \cdot 10^6 =$	350	400	450	500	550
$p_{kg} =$	7,743	6,775	6,023	5,420	4,927

Z tablic balistycznych dla różnych wartości c otrzymamy wartości V_0 niezbędne dla otrzymania donośności 9500 m.

Otrzymamy więc odpowiednio:

V_0 m. $=$	398	420	445	473	502

Mamy więc dla każdego ciężaru pocisku szybkość początkową, niezbędną, aby otrzymać donośność 9500 m.

Wykreślając krzywą, określoną powyższemi punktami (pV) otrzymamy krzywą-granicę dla donośności 9500 m przy założeniu $\gamma = 23^0 30'$.

Rozwiązania (pV), dające donośność wyższą od 9500 m, znajdują się w strefie, położonej powyżej krzywej $X = 9500$ m.

Jeżeli teraz weźmiemy pod uwagę warunki energji wylotowej, ilości ruchu, oraz donośności, określone w założeniu, — to przekonywujemy się, że jedyną strefą, odpowiadającą warunkom, jest strefa zakreskowana na rys. Nr. 1.

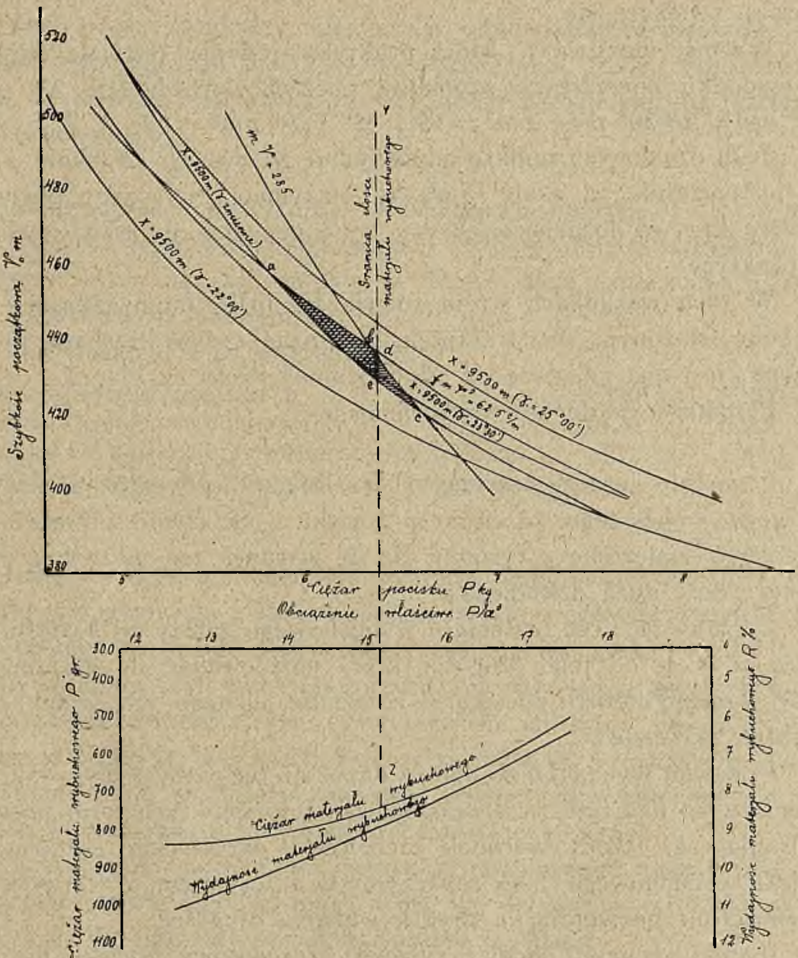
Ma się rozumieć, że — jak zobaczymy dalej — może zajść wypadek, kiedy taka strefa nie istnieje; w takim razie niema rozwiązania odpowiadającego warunkom założenia; aby znaleźć, jednakże, rozwiązanie, należy powiększyć, naprzykład, $^1/_2\, mV^2$ i mV, to jest powiększyć ciężar i moc sprzętu lub zmniejszyć ilość materjału wybuchowego, co w rezultacie pozwoli na zwiększenie ciężaru pocisku, a więc na zwiększenie p/a^3, i co wpłynie na zmianę γ.

Wpływ spółczynnika kształtu czyli γ (rys. Nr. 2).

Przyjęliśmy poprzednio, że γ jest stałe i równa się $23^0 30'$; przypuśćmy obecnie, że γ jest zmniejszone do 22^0, lecz pozostaje stałem.

Na rys. Nr. 2 są powtórzone krzywe rys. Nr. 1 i oprócz tego jest wykreślona krzywa donośności, odpowiadająca $\gamma = 22^0$, z rysunku widzimy, że strefa możliwości została znacznie zwiększona.

Odwrotnie, jeżeli γ będzie powiększone do 25^0 (cyfra dopuszczalna w konstrukcjach powojennych) odpowiednia krzywa donoś-



Rys. 2.

ności nie daje żadnego rozwiązania przy warunkach założonych; jest to przykład niemożliwości, o którym wspominaliśmy poprzednio.

Jednocześnie możemy zauważyć, że zjawia się rozwiązanie przy γ w granicach pomiędzy $23^0 30'$ i 25^0, dokładnie przy około

$24^{0}15'$; jest to pocisk o ciężarze około 6,350 kg i przy szybkości początkowej $V_0 = 439$ m.

Przypuszczaliśmy dotychczas, że γ jest stałem, bez względu na ciężar pocisku.

W praktyce tak nie jest; jak zauważyliśmy, γ poprawia się (zmniejsza się) w wypadku, kiedy ciężar lub. dokładniej, kiedy p/a^3 pocisku zwiększa się.

Wartość możliwa γ, którą praktyka, jedynie, pozwala określić, w wypadku powyższych szybkości początkowych będzie 22^0 przy $p/a^3 = 18$, $23^0 30'$ przy $p/a^3 = 15$ i 25^0 przy $p/a^3 = 12$.

Jeśli oznaczymy punkty odpowiednie na rys. Nr. 2 (skala p służy jednocześnie za skalę p/a^3) to otrzymamy, łącząc powyższe punkty, krzywą donośności przy γ zmiennem, jak to przedstawia się w praktyce.

W tych warunkach strefa rozwiązań (pV) odpowiadająca warunkom założonym, jest trójkątem *abc*, oznaczonym kreskami pochylonemi; jest ona mniejszą od odpowiedniej strefy rys. Nr. 1.

Pojemność materjału wybuchowego.

Pozostaje jeszcze warunek, określający ilość materjału wybuchowego; wobec tego, że ciężar p pocisku i obciążenie właściwe p/a^3 może być znalezione z rysunku Nr. 2, warunek ten może być określony z dość dużą dokładością.

Co prawda, ilość materjału wybuchowego zależy od kształtu pocisku, a także od jego długości, która może wahać się dla jednego i tego samego ciężaru pocisku, w zależności od tego, czy ścianki będą grubsze, czy cieńsze.

Praktyka wykazała, że należy dążyć do tego, aby γ było jak najmniejsze, co nas zmusza do zastosowania wysmukłych form pocisku; z drugiej zaś strony warunek zachowania określonego ciężaru materjału wybuchowego i, jak zobaczymy w dalszym ciągu, warunek stateczności nie pozwalają na zbytnie wahania długości.

Inaczej mówiąc, chociaż rysunek szczegółowy pocisku nie jest jeszcze ustalony, jednakże jego cechy charakterystyczne są dostatecznie określone przez warunki balistyczne, abyśmy mogli z dostateczną dokładnością ustalić stosunek pomiędzy obciążeniem właściwem p/a^3 i wydajnością materjału wybuchowego R lub też stosunek pomiędzy ciężarem całkowitym pocisku p i ciężarem materjału wybuchowego p'.

Z rysunków pocisków już ustalonych możemy przyjąć:

$p/a^3 = 17{,}5$	$R =$ około 6,5%	lub też	$p = 7{,}400$ kg	$p' = 0{,}480$ kg
$= 15{,}0$	$=$ 11,5%		$= 6{,}330$ „	$= 0{,}720$ „
$= 13{,}0$	$=$ 15,0%		$= 5{,}490$ „	$= 0{,}825$ „

Krzywe uwidocznione w dole rys. Nr. 2 wykazują wykreślnie te rezultaty.

Jeśli przeprowadzimy odciętą ZY, odpowiadającą ciężarowi materjału wybuchowego 0,720 kg, to rozwiązania (pV_0), położone na lewo od odciętej, odpowiadają warunkom założonym dla materjału wybuchowego.

Rozwiązania dopuszczalne. Rozwiązania wybrane.

Ostatecznie więc, rozwiązania pV_0, odpowiadające wszystkim założonym warunkom, są zawarte w strefie *abde*, oznaczonej na rys. Nr. 2 kreskami krzyżowemi.

Rozwiązania te są w granicach:

ciężar całkowity pocisku p	6,380 kg	5,800 kg
ciężar materjału wybuchowego p'	0,720 „	0,800 „
szybkość początkowa przy donośności 9500 m. .	431 m	460 m
nadwyżka szybkości początk. bez zwiększenia $^1/_2\, mV^2$	6 „	0 „

Lekkie pociski nie mogą być wybrane, pomimo wyższej ilości materjału wybuchowego z racji braku nadwyżki szybkości początkowej, o ile chcemy zachować donośność przepisaną warunkami.

Wygodnem jest wybranie rozwiązań, odpowiadających wyższej części zakreskowanej strefy; tym sposobem zbliżymy się do granicy pocisków ciężkich, lecz nie będziemy się zbliżali do ostatecznej granicy z tej racji, że należy zachować pewną nadwyżkę ciężaru materjału wybuchowego, jak również i innych czynników.

Streszczając, powiedzieć można, iż najlepszemi będą pociski w granicach ciężaru od 6,200 kg do 6,380 kg, dokładniej od 6,300 kg do 6,340 kg). Wybierzemy pocisk o ciężarze 6,300 kg.

Tym sposobem otrzymamy pocisk, którego główne charakterystyki będą:

ciężar całkowity	6,300 kg.
ciężar materjału wybuchowego	0,730 „
γ będzie około $23^0 30'$; $c \cdot 10^6 = 430$	
donośność przy 40^0	9500 m.
szybkość początkowa około	434 „

Z rysunku widzimy, że ten sam pocisk może być używany bez żadnej szkody dla działa przy szybkości początkowej około 442 m/sek. co da nadwyżkę donośności około 130 m.

ROZDZIAŁ II.

OKREŚLENIE KSZTAŁTU ZEWNĘTRZNEGO POCISKU.

Po otrzymaniu charakterystycznych cech balistycznych możemy przejść do określenia kształtu zewnętrznego pocisku.

Określenie to jest całkowicie oparte na danych praktycznych; porównanie z kształtami pocisków istniejących ułatwia bardzo zadanie.

W dodatku, zestawienie metodyczne wszystkich dokonanych prób, zezwala na ustalenie, jeśli nie prawideł dokładnych, to w każdym razie zasadniczych wytycznych, przez co można uniknąć niepotrzebnych poszukiwań i znacznie zmniejszyć ilość strzelań doświadczalnych.

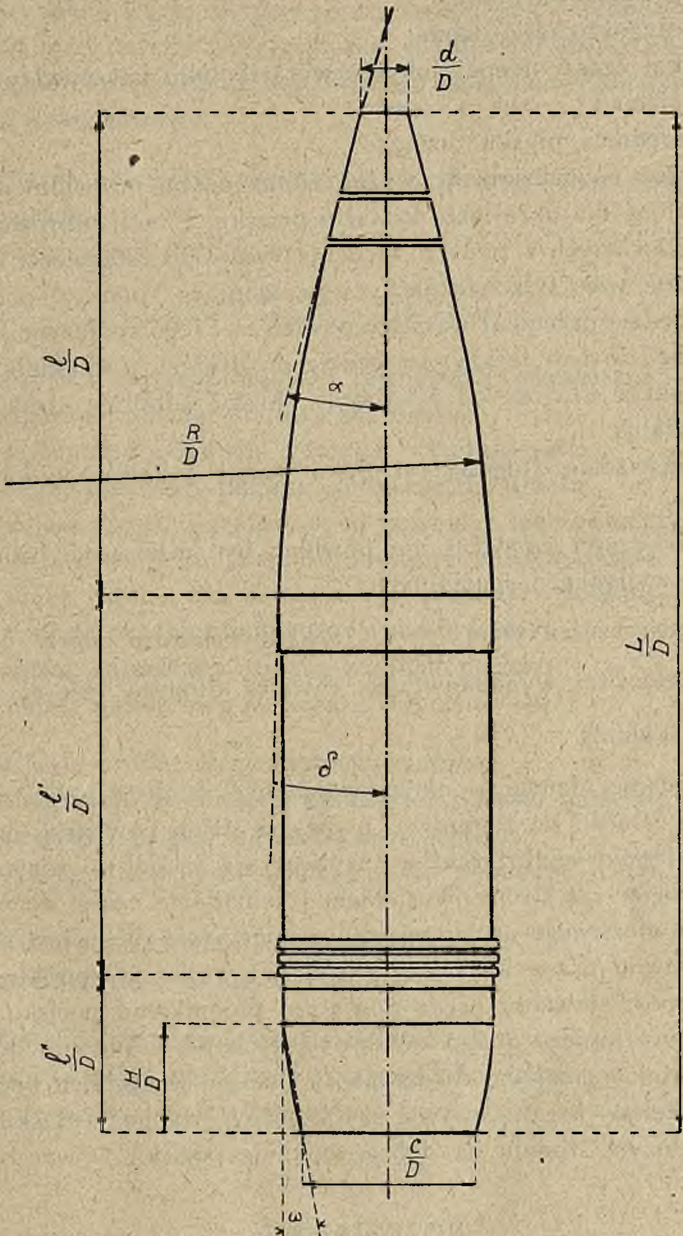
Jednakże, ze względu na różne i liczne wymagania, stawiane pociskom, jako to donośność, celność, pojemność materjału wybuchowego itd, próba strzelnicza jest zawsze konieczna dla ostatecznego wykonania lub co najmniej dla kontroli studjów.

Cechy charakterystyczne kształtu pocisku są zwykle rozpatrywane z punktu widzenia balistyki i — jako główniejsze — przyjęte są (rys. Nr. 3):

1) długość całkowita L/D
2) długość części ostrołukowej do końca zapalnika l/D
3) długość części wiodącej od podstawy ostrołuku do pierścienia wiodącego włącznie (najbardziej zbliżonego do dna, w razie kilku pierścieni) l'/D
4) odstęp od pierścienia wiodącego do płasku dennego l''/D

$$\text{przyczem}\quad \frac{l+l'+l''}{D} = L/D$$

5) średnica płasku przedniego d/D
6) połowa kąta ostrułuku; kąt ten jest określony przez oś pocisku i styczną do łuku, w punkcie odpowiadającym płaskowi przedniemu α
7) kąt „zmniejszenia się ostrołuku"; kąt ten utworzony



Rys. 3.

jest przez styczną do ostrołuku przy jego podstawie z osią pocisku δ.

8) promień ostrołuku R/D
9) długość części dennej H/D
10) kąt części dennej lub też w razie łuku kąt między cięciwą, a osią pocisku ω
11) średnica płasku dennego c/D

Jak już powiedzieliśmy wyżej, żadne ogólne prawidło nie może być ustalone dla określenia kształtu pocisku, z racji najrozmaitszych żądań, stawianych z punktu widzenia celów do osiągnięcia.

Można więc tylko zaznaczyć następujące punkty: pocisk tem łatwiej będzie przenikał warstwy powietrza i jego spółczynnik kształtu (γ) będzie tem lepszy, im będzie on dłuższy i smuklejszy.

Jednakże długość od 5 kalibrów do 5,2 kalibrów jest trudno przekraczalna.

Powiększenie długości ostrołuku ponad 3 kalibry nie polepsza znacznie γ.

Długość części wiodącej nie powinna być niższą od 1,5 kalibru, chyba w wypadkach specjalnych.

Długość części tylnej $\frac{l''}{D} = 0,75$ kalibru bardzo dobrze odpowiada w większości wypadków, jak również długość części dennej $\frac{H}{D} = 0,5$ kalibra.

Kąt części dennej ω nie powinien być za duży, gdyż w takim wypadku celność się zmniejsza, ponieważ strugi powietrza nie spływają dokładnie wzdłuż ścięcia i wytwarzają szkodliwe wiry.

Z drugiej zaś strony, wygodnem jest nadanie części dennej największego możliwego nachylenia, gdyż opóźnianie ruchu jest powodowane zarówno przez wsysanie powietrza wtyle za pociskiem, jak i przez opór, stawiany przez powietrze przenikaniu pocisku.

Możemy jeszcze dodać, że w pociskach płask przedni powinien być o średnicy możliwie najmniejszej i że we wszystkich pociskach, nawet strzelanych przy małych szybkościach, wymiary płasku wpływają w dużym stopniu na dobre wnikanie pocisku w warstwy powietrza.

ROZDZIAŁ III.

UKŁAD WEWNĘTRZNY POCISKU.

Zacznijmy od wybrania urządzenia zapalającego: zapalnik określonego typu wraz z odpowiednim pobudzaczem piorunującym.

Chociaż wybór ten nie odgrywa wielkiej roli przy projektowaniu pocisku, jednakże warto zwrócić na to uwagę, gdyż ujednostajnienie typu pozwala na normalizację zapasów, a z drugiej strony każde powiększenie objętości systemu zapalającego wpływa źle na pojemność materjału wybuchowego.

Określenie objętości wewnętrznej, czyli pojemność całkowita kadłuba pocisku.

Używamy w tym celu wzoru:

$$C = \frac{V\Delta - [(P - p) + v\delta]}{\Delta - \delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

w którym V oznacza objętość zewnętrzną właściwego kadłuba pocisku (cylinder stalowy bez paska)

C — pojemność całkowitą kadłuba, włączając oko

P — ciężar całkowity pocisku, gotowego do strzału

p — ciężar części, zmontowanych wewnątrz lub zewnątrz pocisku (zapalnik + pobudzacz piorunujący + pasek + lakier)

v — objęt. części, znajdujących się wewnątrz pocisku (kadłub pobudzacza piorunującego + oko + lakier)

Δ — ciężar gatunkowy metalu kadłuba pocisku

δ — ciężar gatunkowy materjału wybuchowego [1])

Określenie profilu wewnętrznego kadłuba.

Po otrzymaniu pojemności całkowitej pocisku możemy przystąpić do określenia profilu wewnętrznego pocisku.

Określenie profilu jest kompromisem pomiędzy dwoma wymaganiami:

a) łatwość rozpadania się na odłamki,

b) wytrzymałość na siły bezwładności,

a) *Łatwość rozpadania się na odłamki.*

Wzory Lamé'go, dotyczące wytrzymałości cylindrów, w wypadku ciśnienia zewnętrznego bardzo małego prowadzą[2]) do wniosku, że

$$T_0 = P_0 \frac{N^2 + 1}{N^2 - 1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

---

[1]) Z określeń tych wynika, że

$$P = (V - C)\,\Delta + p + (C - v)\,\delta$$

które to równanie rozwiązane w stosunku do C daje wzór (1).

[2]) P. wyprowadzanie wzoru Lamé'go — „Przegl. Artyl." r. 1927, str. 80—84.

gdzie przez

D — oznaczymy średnicę zewnętrzną pocisku

d — średnicę wewnętrzną pocisku

T_0 — jednostkowe naprężenie styczne na powierzchni wewnętrznej

P_0 — ciśnienie wewnętrzne na jednostkę powierzchni wewnętrznej

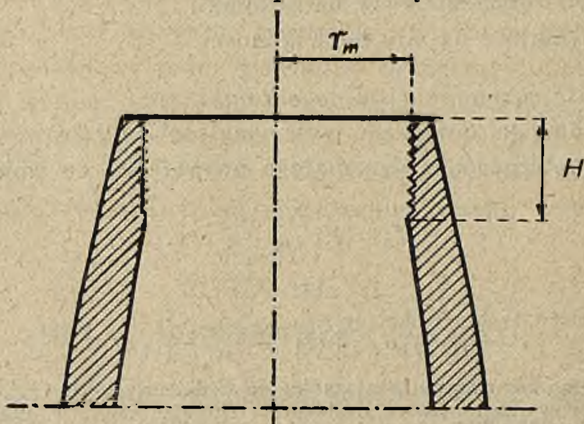
N — stosunek średnicy zewnętrznej do wewnętrznej $N = \frac{D}{d}$

Aby otrzymać jednakowe naprężenie T_0 we wszystkich przekrojach pocisku, trzeba żeby N było stałe, co pociąga za sobą warunek, aby ścianki pocisku były jednakowej grubości od podstawy ostrołuku do górnej podstawy części dennej; jest to prawie zawsze niemożliwe ze względu na odporność przeciw siłom bezwładności.

Praktyka pokazała, że ścianki pocisku o grubości, wzrastającej od początku części wiodącej aż do części dennej, nie wpływają szkodliwie na zdolności rozpadania się na odłamki w chwili wybuchu — a to prawdopodobnie, z tego powodu, że ciśnienie wewnętrzne także zwiększa się w tym samym kierunku.

Jest stwierdzonem, że sposób rozkładu materjału wybuchowego zmienia się wraz z ciśnieniem, przy którem zachodzi wybuch, i że ciśnienie to zależy początkowo od powłoki, otaczającej warstwę, która wybucha.

Oprócz tego należy sprawdzić, czy układ urządzenia zapalającego nie powoduje wykorkowania (débouchonnage); tak nazywamy wypadek, który zachodzi, kiedy gwinty oka stawiają niedostateczny opór wewnętrznemu ciśnieniu; w takim razie kadłub pobudzacza piorunującego zostaje wyrzucony przed kompletnym wybuchem, co znowu wpływa ujemnie na zdolność rozpadania się na odłamki.



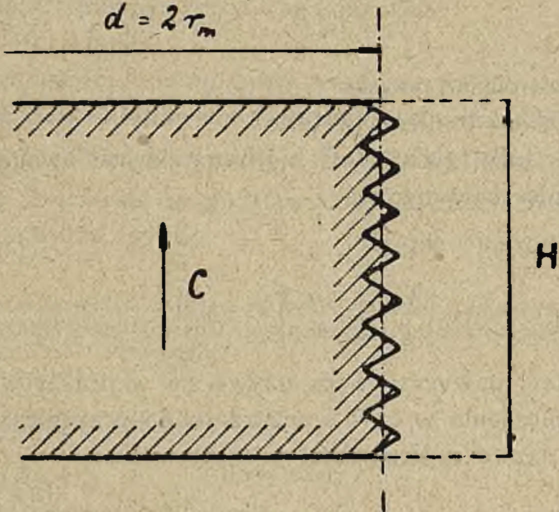
Rys. 4.

Wysokość teoretyczna gwintu oka wyprowadza się ze wzoru:[1] (rys. Nr. 4):

$$H = 1{,}25\, r_m \frac{N^2 - 1}{N^2 + 1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

---

[1]) Przypuśćmy, że gwint może być ścięty w swoim średnim przekroju pod



Rys. 4a.

wpływem wewnętrznego ciśnienia gazów powstających przy wybuchu naboju wewnętrznego; w takim razie wysiłek ścinający będzie

$$C = P \times \pi r^2_m$$

gdzie przez P oznaczamy ciśnienie wewnątrz pocisku, powstałe wskutek wybuchu.

Powierzchnia S, na którą działa wysiłek C wynosi (rys. 4a).

$$S = 2\pi r_m \frac{H}{2} = \pi r_m H,$$

a więc naprężenie jednostkowe na skutek wysiłku dążącego do ścięcia. będzie

$$T' = \frac{C}{S} = \frac{\pi r^2_m P}{\pi r_m H} = \frac{P r_m}{H}$$

Jeżeli teraz przyjmiemy dla dopuszczalnego naprężenia ścinającego T' wartość równą $^4/_5$ dopuszczalnego naprężenia normalnego T_0, czyli

$$T' = \frac{4}{5} T_0,$$

to biorąc pod uwagę wzór (2) będziemy mieli

$$\frac{5}{4} T' = \frac{5}{4} \frac{P r_m}{H} = P \frac{N^2 + 1}{N^2 - 1}$$

stąd zaś

$$H = 1{,}25\, r_m \frac{N^2 - 1}{N^2 + 1}$$

b) *Układ ścianek z punktu widzenia ich odporności przeciw siłom bezwładności w chwili wystrzału.*

Największe przyśpieszenie pocisku w chwili wystrzału jest, jeżeli nie będziemy brali pod uwagę sił powstających z powodu wcinania się pierścienia w gwinty oraz sił tarcia

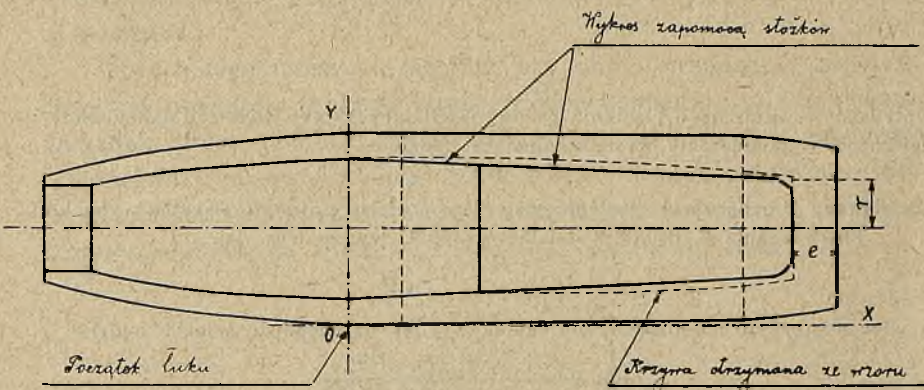
$$G = \frac{\pi a^2 P_0}{4 \frac{p}{g}} \qquad \text{gdzie}$$

p — oznacza ciężar pocisku
P_0 — największe ciśnienie w lufie
a — kaliber lufy (gwinty lufy nie biorą się pod uwagę)
g — przyśpieszenie ziemskie

Wzór ten możemy napisać

$$\frac{G}{g} = \frac{\pi a^2 P_0}{4 p} = K$$

W tej postaci powyższy wzór używa się w praktyce, przyczem stosunek przyśpieszenia w chwili wystrzału do przyśpieszenia ziemskiego K, nosi nazwę spółczynnika przyśpieszenia.



Rys. 5.

Ponieważ siła bezwładności działa w kierunku przeciwnym do ruchu pocisku, na każdy przekrój S kadłuba pocisku, prostopadły do jego osi, działa siła ściskania równa Kp', gdzie

K — jest spółczynnik przyśpieszenia

p' — ciężar części kadłuba poprzedzającej przekrój S, t. j. znajdujący się między S a przednim końcem pocisku.

Z początku określamy grubość ścianki y u podstawy ostrołuku ze wzoru (rys. Nr. 5)

$$R \leqslant \frac{Kp'}{\pi\left[\frac{a^2}{4} - \left(\frac{a}{2} - y\right)^2\right]},$$

gdzie

a—oznacza średnicę zewnętrzną pocisku
y— grubość ścianki
p'— ciężar części ostrołukowej wraz ze zmontowanemi w niej częściami składowemi (zapalnik, pobudzacz piorunujący)
R—dopuszczalna wytrzymałość metalu na jednostkę przekroju.

Grubości [1]) ścianek od podstawy ostrołuku do części dennej pocisku znajdziemy ze wzoru:

---

[1]) Oznaczając przez S pole przekroju kadłuba prostopadłego do jego osi; przez K spółczynnik przyśpieszenia; przez p ciężar części pocisku poprzedzającej rozpatrywany przekrój, otrzymamy

$$Kp = RS$$

różniczkując, otrzymamy $K\,dp = R\,dS$

Ponieważ

$$dp = \delta S\,dx$$

więc będziemy mieli

$$K\delta S\,dx = R\,dS$$

i $\frac{K\delta}{R}dx = \frac{dS}{S}$.

$$\frac{K\delta}{R}\int_0^x dx = \int_{S_0}^{S}\frac{dS}{S}$$

$$\frac{K\delta}{R}\cdot x = \log_e S - \log_e S_0$$

$$\log_e S = \frac{K\delta}{R}x + \log_e S_0$$

i ostatecznie będziemy mieli

$$S = e^{\frac{K\delta}{R}x + \log_e S_0} = e^{\frac{K\delta}{R}x} \times S_0$$

Przekrój S_0 (u podstawy ostrołuku) będzie

$$S_0 = \frac{Kp'}{R},$$

gdzie p' jest ciężar części ostrołukowej pocisku wraz ze zmontowanemi na niej elementami; ostatecznie więc możemy napisać,

$$S = \frac{Kp'}{R}\cdot e^{\frac{K\delta}{R}x}$$

$$y = \frac{Kp'}{\pi a R} \cdot e^{\frac{K\delta}{R} \cdot x}$$

gdzie

x— oznacza odległość od rozpatrywanego przekroju do podstawy ostrołuku

δ— ciężar gatunkowy metalu

e— podstawę logarytmów Nepera.

W praktyce, krzywą, otrzymaną z powyższego wzoru, zastępujemy przez jeden, dwa lub trzy stożki ścięte, wpisane wewnątrz tej krzywej.

Dostateczne doświadczenie własne i liczne przykłady zezwalają na bezpośrednie wykreślenie wyżej wymienionych stożków ściętych; należy tylko sprawdzić w kilku ważniejszych punktach, że wytrzymałość R jest dopuszczalną; dwie lub trzy próby zwykle pozwalają na otrzymanie zadawalającego wyniku.

Określenie grubości dna:

Oznaczmy przez:

P_0— najwyższe ciśnienie w lufie

r— promień wewnętrzny dna

R— dopuszczalną wytrzymałość na jednostkę przekroju

e— grubość dna.

Jeżeli oznaczymy

y grubość ścianki pocisku

a kaliber pocisku,

to będziemy mieli

$$S = \frac{\pi a^2}{4} - \pi \left(\frac{a}{2} - y\right)^2 = \pi y (a - y)$$

ponieważ y jest bardzo małe wobec a więc możemy przyjąć

$$S = \pi a y$$

Porównując dwa powyższe wzory dla S, otrzymamy

$$\pi a y = \frac{Kp'}{R} \cdot e^{\frac{K\delta}{R} x}$$

Skąd ostatecznie mamy

$$y = \frac{Kp'}{\pi a R} \cdot e^{\frac{K\delta}{R} \cdot x}$$

Wartość e otrzymamy ze wzoru, podanego w każdym podręczniku wytrzymałości materjałów:

$$e = 0{,}703\, r \sqrt{\frac{P_0}{R}}$$

Należy poza tem sprawdzić wytrzymałość dna na ścinanie: ponieważ wysiłek ścinający $C = \pi r^2 P_0$ działa na powierzchnię $S = 2\pi re$, więc naprężenie ścinające jednostkowe $\frac{C}{S} = \frac{\pi r^2 P_0}{2\pi r e} = \frac{P_0 r}{2e}$, a więc

$$4/5\, R \geqslant \frac{P_0 r}{2e}$$

czyli

$$R \geqslant 0{,}625 \frac{P_0 r}{e}$$

Rozważania ogólne dot. wartości R, otrzymanych dla grubości ścianek, wysokości gwintu, oraz grubości dna pozwalają wybrać stal potrzebną dla wyrobu kadłubów.

Jednakże, wybór ten nie zależy wyłącznie od powyższych czynników; częstokroć kaliber, specjalne kształty, wymagania dotyczące łatwości rozpadania się na odłamki i t. d. zmuszają do rozpoczęcia nowych prób.

Ciśnienia gazów prochowych w lufie, wchodzące do wzorów dla określenia K i R, powinny być brane z dużą nadwyżką; firma Schneider zwykle przyjmuje nadwyżkę 20% ciśnienia najwyższego otrzymanego w dziale w normalnych warunkach strzału.

Zmęczenie materjału wybuchowego w chwili strzału.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa w chwili wystrzału, materjał wybuchowy nie powinien być poddany wysiłkowi ściskania, wyższemu od granicy, która zależy od własności i rodzaju tegoż materjału wybuchowego.

Dla trotylu rzadko bywa osiągnięta liczba 12—15 kg/mm².

Oznaczmy przez

H wysokość słupa o przekroju 1 mm² w największej wysokości w pocisku

δ ciężar gatunkowy materjału wybuchowego

K spółczynnik przyśpieszenia

R dopuszczalne zmęczenie materjału wybuchowego na 1 mm² przekroju

$$R = H K \delta.$$

ROZDZIAŁ IV.

STATECZNOŚĆ PRZY STRZELANIU.

Stateczność pocisku na torze jest warunkiem zasadniczym dla celności i zależy nietylko od samego pocisku, lecz od zespołu działo-pocisk, a dokładniej od zespołu gwinty-pocisk.

Nachylenie niedostateczne gwintów w dziale jest przyczyną nutacji, niecelnych strzałów i w wyniku — koziołkowania pocisku (niestateczność zasadnicza, p. Esclangon).

Nachylenie gwintów za duże dąży do podtrzymania osi pocisku równolegle do kierunku początkowego, z powodu zbyt silnego działania wirowego; w tych warunkach nachylenie pocisku do stycznej toru stale się zwiększa i pocisk leci bokiem, co w wyniku skraca donośność, a nawet powoduje koziołkowanie (niestateczność postępowa, p. Esclangon).

Z tego widać, że dla każdego rodzaju pocisku są granice nachylenia gwintów w dziale; określenie tych granic, a szczególnie określenie nachylenia najwygodniejszego, jest bardzo trudne.

Jak i przy określaniu kształtów pocisku, należy tu zbadać wszechstronnie poprzednie doświadczenia, oraz sprawdzić wyniki zapomocą strzelania, co w tym wypadku staje się bezwzględnie koniecznem.

Możemy tu ustalić kilka wytycznych.

Stateczność, określona dla pocisku przy pewnem nachyleniu gwintów, pozostaje w mocy dla całego szeregu szybkości początkowych w granicach dość dużych; dzięki temu staje się możliwe strzelanie z haubic jednym i tym samym pociskiem przy różnych szybkościach początkowych.

Co się tyczy stateczności pocisków, to możemy zauważyć, że przy gwincie postępowym otrzymuje się takie same wyniki, jak przy gwincie stałym o skoku większym, niż w pierwszym wypadku; gwint postępowy lub półpostępowy jest wygodniejszy z punktu widzenia stateczności od gwintu stałego.

Z cech charakterystycznych pocisku, wpływających na stateczność, długość pocisku zdaje się wywierać duży wpływ; długość pocisku wpływa w kierunku zmniejszenia stateczności.

Zwiększenie długości części wiodącej pocisku wpływa dodatnio na stateczność jak też i dodanie na zgrubieniu środkującem pierścienia, który zmniejsza grę pocisku w lufie.

Zbyt wielka wysmukłość części dennej pocisku zmniejsza stateczność.

Na zakończenie zwracamy uwagę na dobre osadzenie pierścienia, co wpływa bardzo na stateczność; niedostateczne osadzenie powoduje złe wirowanie pocisku, a stąd, w razie zerwania się pierścienia, zmniejsza się celność strzału, jednakowoż zbyt silne osadzenie powoduje lekkie wdęcie metalu ztyłu pierścienia pod wpływem gazów przy wylocie z lufy; wdęcie to powiększa w sposób nierównomierny i dość znacznie opór powietrza, co znowu wpływa ujemnie na donośność i na celność.

662.231 + 662.35

Inż. BERGER EUGENJUSZ.

METODY BADANIA STAŁOŚCI CHEMICZNEJ BAWEŁNY STRZELNICZEJ I PROCHÓW BEZDYMNYCH.

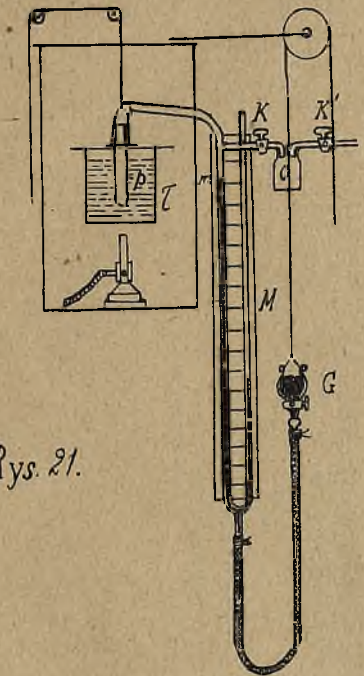
(Dokończenie).

14). *Próba stałości Obermüllera.* [Mitteil. a. d. Berl. Bezirksverein d. Ver. Deutsch. Chem. Heft 2 (1904)].

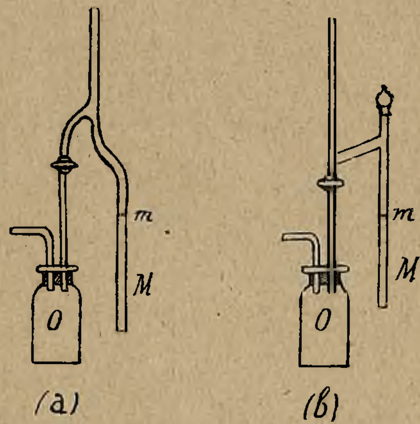
Opracowana przez *Obermüllera* metoda, znana również pod nazwą *manometrycznej*, stanowi trzeci typ *ilościowej* próby stałości chemicznej bawełny strzelniczej i prochów bezdymnych. Celem tej próby, jak i poprzednio opisanych, była kontrola procesu stabilizacji bawełny strzelniczej. Główną jej zaletą miała być możność uzyskiwania w najkrótszym czasie dokładnych danych o postępie stabilizacji w okresie gotowania bawełny strzelniczej. W metodzie Obermüllera miernikiem szybkości rozkładu badanego materjału jest *ciśnienie*, spowodowane w przyrządzie przez lotne produkty rozkładu. By zapobiec działaniu tlenu powietrza na odszczepione tlenki azotu (i związanym z tem działaniem zmianom ciśnienia) rozkład badanego materjału prowadzony jest w próżni. Dzięki zastosowaniu wysokiej temperatury (140°C) rozkład bawełny strzelniczej lub prochu bezdymnego zachodzi stosunkowo prędko. Ciśnienie gazów mierzone jest w stałej temperaturze i przy zachowaniu stałej ich objętości; prędkość przyrostu ciśnienia odpowiada prędkości rozkładu badanego materjału.

Przyrząd, zbudowany przez Obermüllera (por. rys. 21) składał się: z próbówki (*p*), w której prowadzony jest rozkład badanego

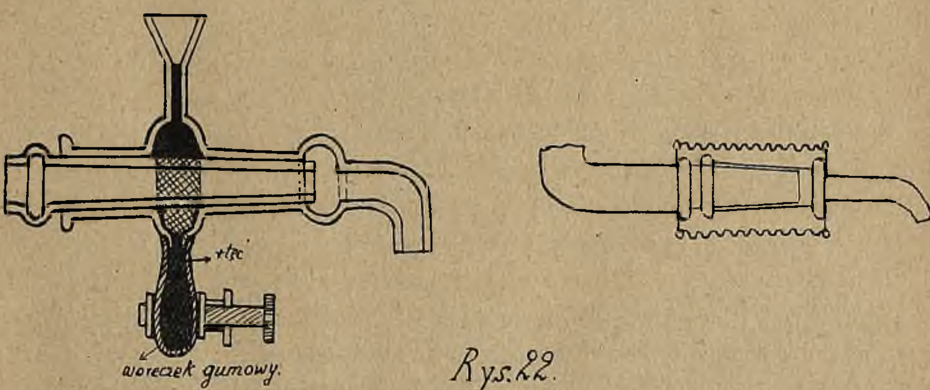
materjału, łaźni (*l*), zawierającej roztwór chlorku wapnia ($CaCl_2$) oraz cienką warstwę oleju mineralnego, manometru rtęciowego (*M*) i odbieralnika (*o*), połączonego z pompą próżniową. Probówkę (*p*) łączono z manometrem zapomocą grubościennych rurek kauczukowych.



Rys. 21.



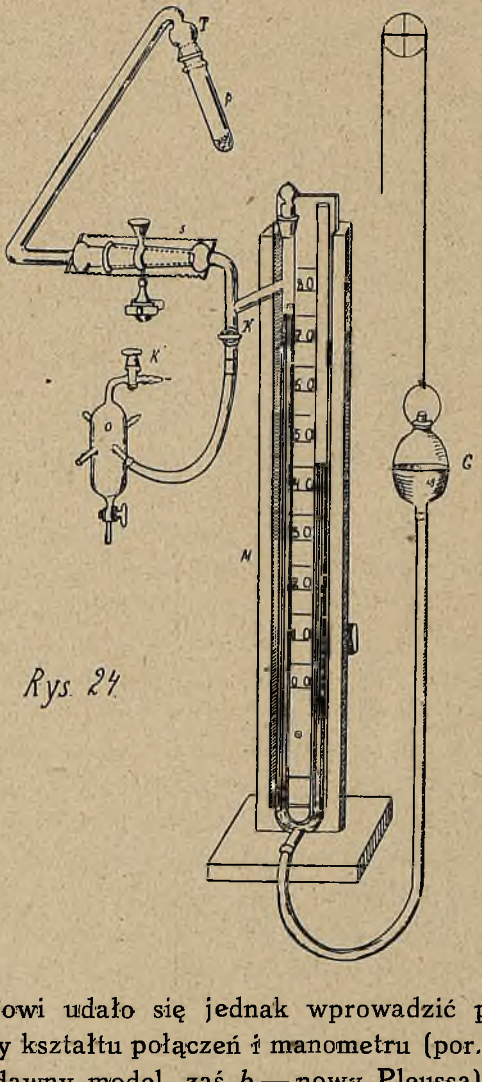
Rys. 23.



Rys. 22.

Kilka lat później *B. Pleuss* wprowadził do przyrządu Obermüllera szereg zmian (Ztschr. für das ges. Schiess-und Sprengstoffwesen, 5 (1910) str. 121). Kauczukowe połączenia probówki z mano-

metrem zastąpił on szklanemi (por. rys. 22). Poważną niedogodnością pierwotnego modelu była ta okoliczność, że w manometrze nad rtęcią skraplała się woda, w której rozpuszczały się wydzielające się tlenki azotu; powodowało to zmianę ciśnienia i zanieczyszczanie manometru. Całkowite usunięcie opisanej wady przyrządu nie jest



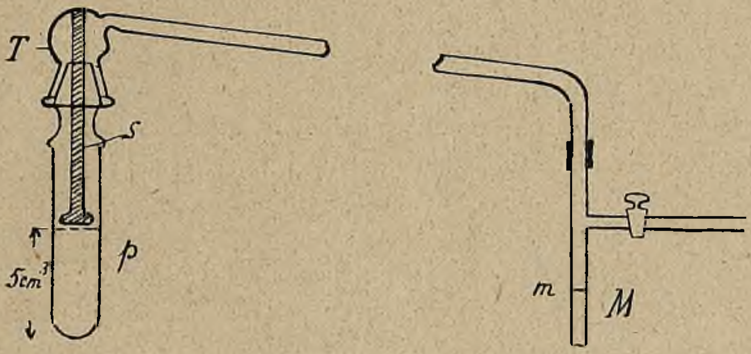
Rys. 24

możliwe, Pleuss'owi udało się jednak wprowadzić pewne ulepszenia, drogą zmiany kształtu połączeń i manometru (por. rys. 23, w którym *a* oznacza dawny model, zaś *b* — nowy Pleussa). Wreszcie zestawił on w jeden przyrząd 4 probówki z tyluż manometrami, połączone z pompą próżniową za pośrednictwem jednego wspólnego odbieralnika (por. rys. 24).

Niektóre z zaproponowanych przez Pleuss'a zmian utrzymały się w modelach współczesnej konstrukcji.

Przechodzimy do rozpatrzenia niektórych szczegółów aparatury.

Probówka *p* (por. rys. 25), w której zachodzi rozkład badanego materjału, posiada pojemność około 12 cm³; objętość, odpowiadająca pięciu centymetrom sześciennym, zaznaczona jest kreską. Pro-



Rys. 25.

bówka *p* połączona jest zapomocą dotartego tubusa *T* i, w razie potrzeby, połączenia szklanego z rtęciowym manometrem *M*. Objętość łączna probówki, połączeń do kurka *K* i do manometru wraz z górną jego częścią do kreski *m* wynosi około 37 cm³. Jest to wspomniana wyżej stała objętość lotnych produktów rozkładu w czasie dokonywania pomiaru ciśnień. Za manometrem umieszczona jest ruchoma skala lustrzana *L* o podziałkach milimetrowych. Pompa próżniowa połączona jest z odbieralnikiem *O*; zapomocą kurków szklanych K i K¹ możemy włączać aparaturę do przewodu próżniowego lub zeń wyłączać. Połączone z manometrem naczynie G umożliwia regulowanie poziomu w lewem ramieniu manometru (do kreski *m*). Probówki i łaźnia umieszczone są w szafce z grubej blachy żelaznej, zaopatrzonej w przedniej części w grubą szybę szklaną.

Bawełna strzelnicza może być badana również w stanie wilgotnym. Doświadczenie wykonywane jest wtedy w sposób następujący.

Na prasie ręcznej odciska się bawełnę strzelniczą tak, by zawartość w niej wilgoci wyniosła od 30—35%, poczem przeciera się ją przez sito o oczkach dwumilimetrowych. Około 2-ch gramów tak

przygotowanej bawełny strzelniczej umieszcza się w probówce *p*, wstrząsając lekko, i ubija zapomocą pałeczki szklanej *S* (por. rys. 25) ściśle do poziomu kreski, oznaczającej objętość 5 cm³. Pałeczkę pozostawia się w probówce; zapobiega ona podrzucaniu bawełny strzelniczej w początkowym okresie ogrzewania, gdy ma miejsce gwałtowne odparowywanie zawartej w niej wody.

Na probówkę nakłada się tubus, przyczem części dotarte uszczelnia się stopionym woskiem pszczelnym.

Po zmontowaniu przyrządu wytwarza się w nim próżnię, zamyka kurek K^1 i zanurza probówkę do łaźni ogrzanej do 140°C. po uprzedniem sprawdzeniu stanu próżni: uważa się, że jest ona dobra, gdy różnica między stanem barometru, a wysokością rtęci w manometrze nie przewyższa 25 mm. Wypompowywanie powietrza może się odbywać również w czasie ogrzewania probówki z bawełną strzelniczą, zachodzi wtedy równocześnie suszenie tej ostatniej.

Po upływie 10 minut wodę zebraną w lewem ramieniu manometru przepycha się (podnosząc do góry naczynie G z rtęcią) do odbieralnika *O*, poczem rtęć w lewem ramieniu manometra doprowadza się do kreski *m*, zaś zero skali ustawia się na poziomie rtęci w prawem ramieniu.

Ściśle po upływie 15 minut od chwili zanurzenia probówki w łaźni zamyka się kurek *K* między manometrem a odbieralnikiem i odnotowuje się czas (początek doświadczenia). W miarę postępującego rozkładu badanego materjału, powstające przy tem produkty lotne, powodują wzrost ciśnienia w aparaturze, wskutek czego zaczyna się obniżać poziom rtęci w lewem ramieniu manometru. Po upływie dalszych 15-tu minut doprowadza się poziom rtęci do kreski *m* i odnotowuje się ciśnienie (stan rtęci w prawem ramieniu). Odczytuje się ciśnienie co 15 minut w ciągu jednej godziny. Po skończonem doświadczeniu wyciąga się probówki z łaźni (zapomocą sznurków przerzuconych przez rolki), studzi je i oznacza wagę suchej bawełny strzelniczej. Uzyskane drogą pomiarów wartości ciśnień — przelicza się na 1 gr. suchej bawełny strzelniczej. Niżej podane są dwa przykłady wyników prób, przeprowadzonych przez Obermüllera (tabl. 12).

Jak widać z powyższego zestawienia, wyniki, uzyskane zapomocą metod Obermüllera i Bergmanna i Junka, są zasadniczo zgodne.

Liczne doświadczenia wykazały, że dla dobrej bawełny strzelniczej ciśnienie, wywiązane w ciągu pierwszych 15-tu minut w temperaturze 140°C nie powinno być wyższe od 20 mm Hg (dla 1 gm suchej

Tablica 12.

1) **Bawełna strzelnicza** (12,9% N) (rozpuszcz. w eterze-alkoholu — 8%)			2) **Bawełna kolodjonowa** (12,4% N) (rozpuszcz. w eterze-alkoholu — 98%)		
Czas (w min.)	Odczytane ciśnienie (w mm Hg.)	Przyrost ciśnienia (w ciągu 15 min.)	Czas (w min.)	Odczytane ciśnienie (w mm Hg.)	Przyrost ciśnienia (w ciągu 15 min.)
0	0		0	0	
15	19	> 19	15	15	> 15
30	41	> 22	30	31	> 16
45	66	> 25	45	51	> 20
60	95	> 29	60	75	> 24
(próba Bergmanna i Junka — 1,9 — 2,0 cm³ NO)			(próba Bergmanna i Junka — 1,5 — 1,6 cm³ NO).		

bawełny strzelniczej). Można zatem przy kontroli fabrykacji poprzestać na pierwszem oznaczeniu.

W fabryce prochu w Szpandawie zmodyfikowano swego czasu metodę Obermüllera: do celów kontroli fabrykacji bawełny strzelniczej ogrzewano ją w przyrządzie Obermüllera w ciągu jednej godziny do 135°C, przy odbiorze zaś bawełny strzelniczej suszono ją uprzednio w 50°C i do próby odważano ściśle 1 gr. Dla tak podsuszonej bawełny strzelniczej usuwanie pozostałej wilgoci w łaźni trwa jedynie 5 minut; po zamknięciu kurka *K* ogrzewa się badany materjał w ciągu 2-ch godzin. W wypadku tym nie zachodzi potrzeba przeliczania odczytanej wartości ciśnienia na suchą bawełnę strzelniczą, gdyż strata na wadze w czasie ogrzewania jest nieznaczna (1—2%). Dla chemicznie stałej bawełny strzelniczej ciśnienie wywiązane przez 1 gr w ciągu 2-ch godzin w 135°C nie powinno przenosić 90 mm słupa rtęci.

W razie badania prochów bezdymnych odważa się 1 gr zmielonego prochu (o wielkości ziaren 0,5 do 1 mm) i ogrzewa do 135°C w ciągu 2-ch lub więcej godzin. Proch zawierający więcej lotnych rozpuszczalników daje w pierwszym okresie ogrzewania większy przyrost ciśnienia. Uważa się proch bezdymny za tym stalszy, im mniejszy jest przyrost ciśnienia w ciągu 15-tu minut. W wielu wypadkach można się ograniczyć do oznaczenia ciśnienia po upływie 1, 2,

3-ch i więcej godzin. Doświadczenie prowadzi się ogrzewając równolegle badany proch i wzorcowy (por. tabl. 13, zaczerpnięta z dzieła Brunswiga, Rauchloses Pulver str. 397).

Tablica 13.
Całkowite ciśnienie ciał lotnych, wywiązanych z ogrzanego prochu.

Czas ogrzewania w godzinach	Proch badany		Proch wzorcowy	
	Ciśnienie w mm			
1	27	28	31	31
2	62	63	74	73
3	123	127	140	139
4	222	230	229	230
5	407	414	365	369

Zaletą metody Obermüllera jest możność szybszego uzyskiwania wyników, niż w metodach Bergmanna i Junka i Willa. Zaletę metody Bergmanna i Junka stanowi znacznie prostsza aparatura, wadą natomiast jest dość uciążliwe oznaczanie tlenków azotu. Poza tem metoda ta nie daje nam obrazu *przebiegu* procesu rozkładu badanego materjału, jak to czynią metody Obermüller'a i Will'a. Mimo to pozwala ona z dostateczną pewnością sądzić o stałości chemicznej badanego materjału wybuchowego, co uzasadnia znaczne jej rozpowszechnienie.

Rozważone wyżej trzy ilościowe metody oznaczania stałości chemicznej prochów bezdymnych i bawełny strzelniczej posiadają tę wspólną cechę, że przeprowadzane są w *stałej temperaturze* (zresztą rozmaitej dla poszczególnych prób).

Jak zaznaczono wyżej, metody Will'a i Obermüller'a umożliwiają śledzenie przebiegu rozkładu w ciągu pewnego okresu czasu, zaś w metodzie Bergmanna i Junka uwzględniany jest tylko końcowy wynik próby.

Metody Willa i Obermüllera różnią się od siebie zasadniczo tem, że w pierwszej produkty rozkładu są stale usuwane, zaś w drugiej pozostają (jak w próbie Bergmanna i Junka) w zetknięciu z badanym materjałem wybuchowym.

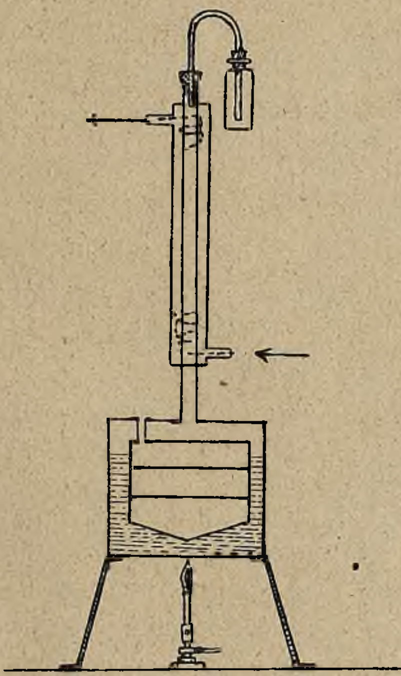
Omówione zatem próby są przedstawicielami trzech odrębnych klas ilościowego badania stałości chemicznej.

Metoda Bergmanna i Junka jest jedynym przedstawicielem swego typu.

Do kategorji prób typu metody Willa należy również:

15) *próba Alberta P. Sy'a* (Journ. Amer. Chem. Soc. *25*, 549 (1903)].

Jest ona również znana pod nazwami „nowej próby" lub „Ordnance Department test". Od metody Willa różni się tem, że oznacza się w niej nie, jak w pierwszej, ilość wydzielonego *azotu*, a całkowitą stratę na wadze badanego materjału, ogrzewanego w 115°C. W tem-



Rys. 26.

peraturze tej po ulotnieniu się wody i rozpuszczalników zachodzi wydzielanie się lotnych produktów rozkładu, początkowo wolne, następnie coraz szybsze, aż do osiągnięcia pewnej maksymalnej wartości, poczem szybkość rozkładu zaczyna się zmniejszać.

Według metody *Sy'a* odważa się 1—4 gr. prochu i ogrzewa się przez szereg dni w ciągu 8-iu godzin dziennie w otwartych miseczkach porcelanowych lub na szkiełkach zegarowych, umieszczonych w specjalnym termostacie (por. rys. 26).

Po ukończonem ośmiogodzinnem ogrzewaniu studzi się badane próbki w eksykatorze i potem drogą ważenia oznacza się straty na wadze.

W ciągu pierwszych dni ogrzewania dzienne straty procentowe wzrastają stopniowo. Po osiągnięciu pewnego maksymum, zaczynają maleć.

Maksymalna strata na wadze nie powinna być dla dobrego prochu osiągnięta przed upływem 8 dni. Zaletą powyższej metody jest to, że odznacza się ona wielką prostotą.

O ile się prowadzi ogrzewanie w zamkniętym termostacie, to część produktów rozkładu pozostaje w zetknięciu z badanym materjałem. Nie powinno się jednak w tych warunkach ogrzewać razem rozmaitych gatunków prochu, gdyż produkty ich rozkładu mogą wywrzeć niepożądany wzajemny wpływ na badane prochy. Wyniki zależą również od stopnia szczelności termostatów. Wobec powyższego próba Sy'a niezawsze daje wyniki jednoznaczne. Przeciwko niej przemawia również długi czas jej wykonywania. Ten ostatni brak usiłował usunąć *M. Jacqué* (A. Carneiro, Zeitschs. für ges. Schiess- und Sprengstoffwesen, 4 (1909) str. 29), modyfikując próbę Sy'a.

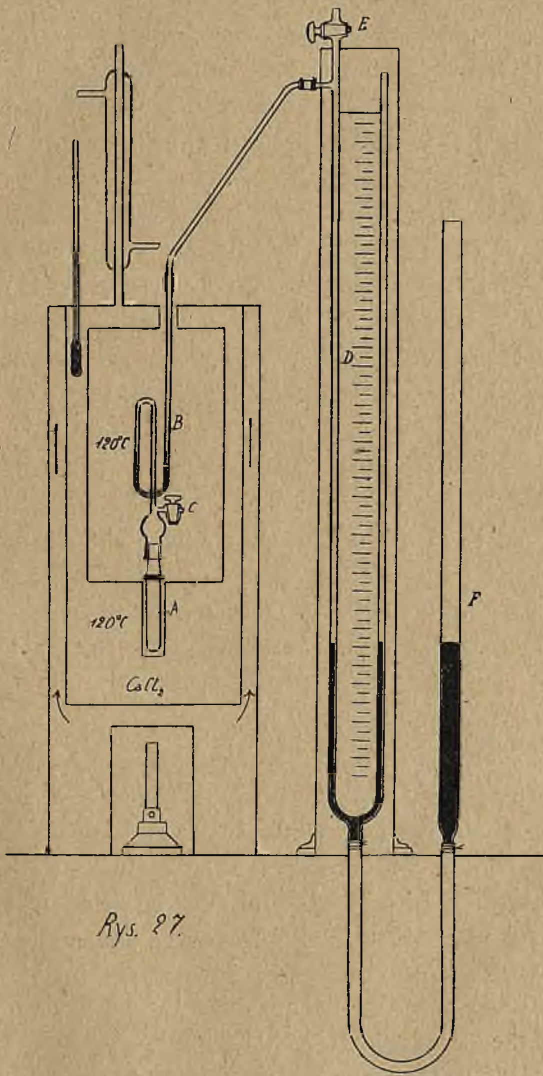
Według Jacqué badaną próbkę ogrzewa się w 130° do 140°C, przyczem kolejne okresy ogrzewania trwają po 2 godziny; po każdorazowem ogrzewaniu studzi się próbkę i waży.

W razie badania stałości bawełny strzelniczej suszy się ją uprzednio do stałej wagi w temperaturze 50 do 60°C, a następnie w temperaturze powyżej 100°C lub przez dłuższy czas w próżni nad kwasem siarkowym. 2 do 3-ch gr. badanego materjału odważa się w szklanych naczyńkach z dobrze dotartemi pokrywkami, zabezpieczającemi od przyciągania wilgoci w czasie ważenia. Po ogrzaniu studzi się badane próbki w eksykatorze próżniowym i szybko waży na wadze Curie. Ogrzewanie powstarza się 15 razy, wyniki oblicza się jako stratę w mgr. na 1 gr. wziętej bawełny strzelniczej.

Do kategorji prób typu Obermüllera należy spora liczba prób stałości. Niektóre z nich, jak próba *Mittascha* (Zeitschr. f. angew. Chemie, *16*, 929 (1903)], *Dupré* (Ann. Report His Majest. Insp. Explos. 1903, 27 i 1905, 29) oraz próba *J. Bramégo* (Zeitschr. für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen *7* (1912), 216), nie znalazły praktycz-

nego zastosowania, inne natomiast wzbudziły wielkie zainteresowanie. Przechodzimy do rozważenia tych ostatnich.

16). *Próba Dra Michała Taliani'ego* (Rivista di Artiglieria e Genio, 1921, I, str. 206).



Rys. 27

Najpoważniejszą wadę metody Obermüllera stanowi okoliczność *(Robertson i Nappe* (Journ. of the Chem. Soc. 1912, str. 161), że pochodząca z rozkładu badanego materjału para wodna skrapla się w chłodnej części przyrządu (np. nad rtęcią manometru) i roz-

puszcza w sobie tlenki azotu, dzięki czemu z jednej strony uzyskuje się niższe wartości ciśnień, z drugiej zaś zanieczyszczona zostaje rtęć w manometrze.

Taliani (chemik prochowni państwowej w Liri (Włochy), zajęty był badaniem stałości chemicznej prochów nitroglicerynowych. W poszukiwaniu odpowiedniej metody przerobił on przyrząd (i metodę) Obermüllera, wprowadzając do nich szereg daleko idących zmian. Udało mu się tym sposobem usunąć wady metody Obermüllera, zaznaczone przez Robertsona. Na rys. 27 przedstawiony jest schematycznie pierwotny wzór przyrządu Taliani'ego.

Badany materjał wybuchowy umieszczany jest w szklanej probówce *A*. Zamyka się ją dotartą szklaną przykrywką, zaopatrzoną w kurek *C;* przedłużeniem przykrywki jest rurka syfonowa *B*, której część w kształcie litery U napełnia się parafiną. Rurkę *B* łączy się zapomocą rurek szklanych i kauczukowych z manometrem rtęciowym *D*, którego lewe ramię zamyka kurek szklany *E*.

W czasie próby probówka *A* wraz z przykrywką i rurką syfonową *B* znajduje się wewnątrz miedzianego termostatu o podwójnych ściankach, zaopatrzonego w podwójne drzwiczki szklane. Przestrzeń między ściankami termostatu zawiera roztwór chlorku wapnia ($CaCl_2$) o punkcie wrzenia, odpowiadającym temperaturze, w której ma być przeprowadzone badanie (dla prochów nitroglicerynowych 120° do 125°C, dla bawełny strzelniczej i prochów nitrocelulozowych — 135°C).

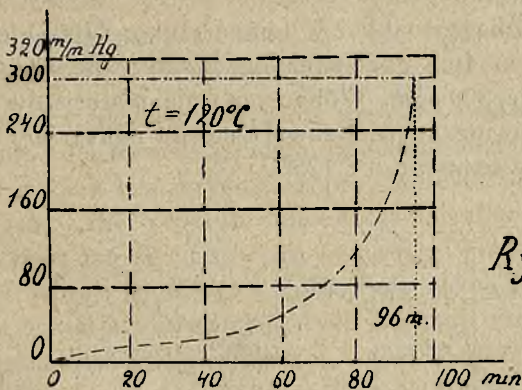
Parafina w syfonie *B* tworzy hydrauliczne zamknięcie, uniemożliwiające przedostanie się produktów rozkładu z części przyrządu umieszczonej w termostacie do manometru. Tego rodzaju urządzenie w sposób możliwie prosty usuwa niedogodności, spowodowane lotnością nitrogliceryny oraz skraplaniem się lotnych produktów rozkładu w nieogrzanych częściach przyrządu. Zbyteczne jest również wytwarzanie początkowej próżni w przyrządzie. Wystarcza pozostawić kurki *C* i *E* otwarte, aż do osiągnięcia zupełnej równowagi termicznej między termostatem a aparaturą z badanym materjałem wybuchowym oraz odparowania wilgoci, zawartej w nim.

Według Taliani'ego wystarczający jest do tego okres 30 minut ogrzewania; w ciągu tych 30-tu minut nie rozpoczyna się jeszcze właściwy rozkład badanego materjału.

Do wykonania bierze się 1,3 gr. zmielonego materjału wybuchowego, przesianego przez sito o oczkach 0,4 mm i 0,6 mm i wsypuje

do probówki *A*. Syfon *B* napełnia się do połowy roztopioną parafiną i zamyka się probówkę *A* dotartą przykrywką (kapturkiem), pozostawiając kurek *C* otwarty, poczem wstawia się całość do termostatu, ogrzanego uprzednio do odpowiedniej temperatury. Górny koniec rurki *B*, znajdujący się zewnątrz termostatu łączy się z manometrem *D*, pozostawiając również kurek *E* otwarty.

Parafina w syfonie *B* topi się, poczem ustala się w obu ramionach jego jednakowy jej poziom; to samo dotyczy rtęci w manometrze. Po upływie 30 minut ogrzewania zamyka się szybko i równocześnie oba kurki *C* i *E* i wtedy zaczyna się właściwa próba. W przyrządzie na skutek rozkładu materjału wybuchowego powstaje ciśnienie pod wpływem którego przesuwa się parafina w obu ramionach syfonu.



Rys. 28

Co pięć minut doprowadza się meniski parafiny do jednakowego poziomu, posługując się w tym celu rurką *F* z rtęcią, połączoną z manometrem *D* i odnotowuje się ciśnienie (t. j. różnicę poziomów rtęci w ramionach manometru). Z uzyskanych tą drogą pomiarów ciśnień otrzymuje się wykres, obrazujący nam przebieg rozkładu badanego materjału.

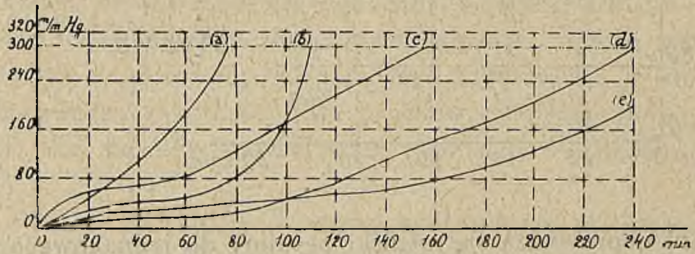
Obsługa przyrządu Taliani'ego jest bardzo prosta i nie wymaga specjalnej praktyki ani wiadomości. Przerywa się doświadczenie, gdy manometr rtęciowy wykaże ciśnienie równe 300 mm. Na rys. 28 przedstawiony jest wykres, otrzymany przez Taliani'ego dla próbki normalnego balistytu z prochowni w Liri.

Miernikiem stałości chemicznej badanego materjału wybuchowego jest czas, w którym prężność produktów rozkładu osiąga wartość 300 mm; im czas ten jest dłuższy, tym wolniejszy jest rozkład i tym

stalszy jest badany materjał wybuchowy. Rzut oka na wykres wykazuje nam, że różni się on znacznie od prostolinjowych wykresów, uzyskanych dla bawełny strzelniczej przez Will'a. W danym razie zaznacza się tu wyraźnie autokatalityczny wpływ produktów rozkładu na badany materjał.

Taliani początkowo zamierzał z wykresów swoich wyprowadzić inne kryterjum stałości chemicznej materjałów wybuchowych, oparte na zmianie szybkości rozkładu; stanęła temu na przeszkodzie różnorodność przebiegu rozkładu dla rozmaitych materjałów nitroglicerynowych (por. rys. 29), na którym zestawione są krzywe rozkładu dla czystej nitrogliceryny (*a*), balistytu o zawartości 50% nitrogliceryny (*b*), prochu nitroglicerynowego (NG)C_2 (*c*), solenitu (*d*) i balistytu o 70% nitrogliceryny (*e*).

Dla tego ostatniego rozkład w temperaturze 120° C jest tak powolny, że nawet po 4-ch godzinach ogrzewania nie zostaje jeszcze osiągnięte ciśnienie 300 mm. Wobec tego dla materjałów wybuchowych o stosunkowo nieznacznej zawartości nitrogliceryny dogodniejsze jest stosowanie temperatury 125°C.



Rys. 29.

Metodę swoją Taliani porównywał z próbą Abla i okazało się, że ta ostatnia i dla prochów nitroglicerynowych często daje bardzo niepewne wyniki. Np., dwa balistyty, dla których próba Abla w 95° C dała jednakową stałość, przy badaniu metodą Taliani'ego wykazały stałości znacznie różniące się od siebie, mianowicie 56 minut i 109 minut. W innym przypadku przy badaniu stałości 2-ch nitroceluloz, z których jedna była stabilizowana chemicznie (przy pomocy sulforycynianów), druga zaś metodą termiczną Robertsona, próba Abla wykazała większą stałość pierwszej (12 minut), gdy druga dała tylko 9 minut. Według próby Taliani'ego natomiast bardziej stałą okazała się druga nitroceluloza, jak się tego zgóry należało spodziewać.

Główną wadą metody Taliani'ego jest to, że operuje się zbyt wysokiemi ciśnieniami, co utrudnia zachowanie bezwzględnej szczelno-

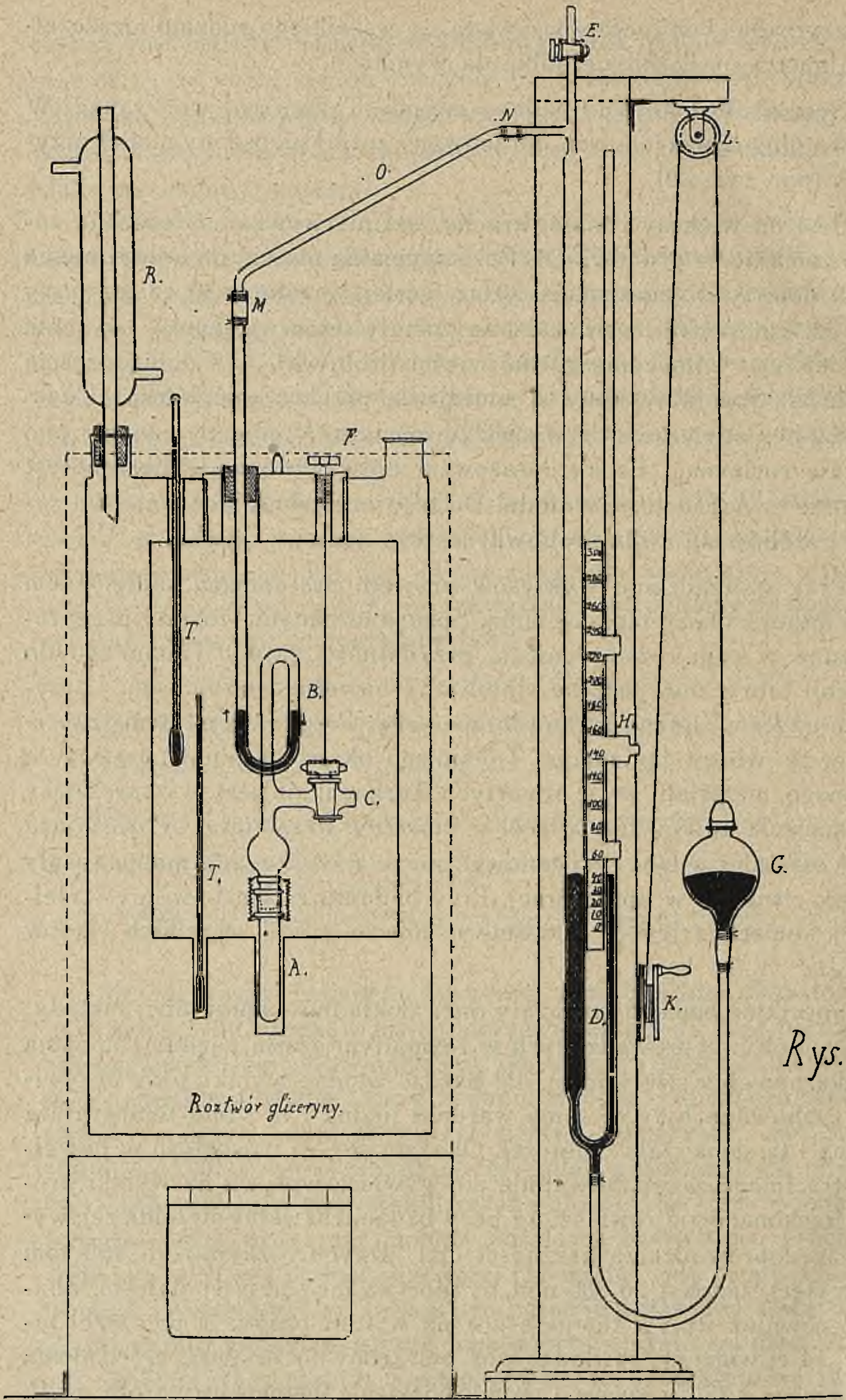
ści przyrządu. Jest rzeczą oczywistą, że wszelkiego rodzaju nieszczelności muszą się dotkliwie odbić na wynikach.

Specjalnie dokładnie badano metodę Taliani'ego we Francji. W wyniku długotrwałych prób opracowany został ulepszony model przyrządu (por. rys. 30).

Jest on większy i mniej kruchy, niż pierwowzór. Ulepszone zostało zamknięcie probówki *A*. Poza specjalną maścią do uszczelnienia części dotartych (mieszanina 30 cz. gęstej wazeliny, 30 cz. parafiny i 40 cz. gutaperki), wprowadzone zostały dwie sprężynki w celu mocniejszego połączenia górnej części probówki *A* z dolną częścią syfonu *B*. Specjalny klucz F umożliwia przekręcanie kurka *C* zzewnątrz, bez otwierania drzwiczek termostatu. Manometr zaopatrzono w skalę ruchomą. Po każdorazowem doświadczeniu konieczne jest staranne czyszczenie przyrządu. Do tego celu służy benzyna (dla syfonu i probówki), a dla probówki jeszcze aceton i alkohol.

Przy sporządzeniu wykresów przyjęto następującą skalę: 1 cm dla 5 minut i dla 20 mm ciśnienia. Specjalne badania zostały przeprowadzone w celu rozstrzygnięcia przydatności próby Taliani'ego do kontroli fabrycznej procesu stabilizacji bawełny strzelniczej. Otrzymano przytem szereg ciekawych wyników. Przedewszystkiem stwierdzono, że wbrew mniemaniu Taliani'ego okres 30 minut ogrzewania badanego materjału przy otwartych kurkach nie jest wystarczający do usunięcia całkowitej wilgoci z *bawełny strzelniczej*. Pozostająca w tej ostatniej wilgoć spowodować może zjawiska anormalne (nagły spadek ciśnienia w aparaturze). Przy badaniu zatem bawełny strzelniczej konieczne jest b. staranne usunięcie z niej wszelkich śladów wilgoci.

Specjalne badania wykazały dużą dokładność omawianej metody: szereg prób przeprowadzonych w rozmaitym czasie z jedną i tą samą próbką bawełny strzelniczej, dał bardzo zgodne wyniki, o ile oczywiście zachowane były te same warunki (jedna i ta sama temperatura i jedna i ta sama stała objętość). Okazało się, że zawartość w bawełnie strzelniczej węglanu wapnia nie wywiera wpływu na wyniki próby. Przekonano się również, że przy badaniu bawełny strzelniczej wystarczy doprowadzenie prężności ciał lotnych rozkładu do 100 mm słupa rtęci, zamiast do 300 mm, by móc wydać sąd o jej stałości. Zbadano również wpływ temperatury na wyniki próby. Z poniższej tablicy 14-ej widzimy, że kładąc czas, potrzebny do osiągnięcia ciśnienia 100 mm, w 135°C. równy 1, każde obniżenie temperatury próby o 5°C,



Rys. 30.

pociąga za sobą mniej więcej półtorakrotne przedłużenie czasu trwania próby.

Tablica 14.

Temperatury:	135^0	130^0	125^0	120^0	115^0	110^0
Czas trwania próby:	1	1,565	2,41	3,67	5,50	8,10
	(1,565)	(1,54)	(1,52)	(1,5)	(1,47)	

Poza tem znaleziono, że zmiana temperatury w pobliżu 135° C o 0,1° C zmienia czas trwania próby o mniej niż jedną minutę. Wobec powyższego wahania praktyczne temperatury w granicach ± 1° C nie wywierają dużego wpływu na ścisłość pomiarów. Porównawcze badania stałości bawełny strzelniczej metodami Willa i Taliani'ego, wykazały, że ostatnia jest bardziej czułą i stawia wyższe wymagania co do „stanu granicznego" bawełny strzelniczej, niż metoda Willa.

We Włoszech po śmierci Taliani'ego metodą jego zajął się dr. *M. Tonegutti*. Z szeregu doświadczeń nad balistytami (o różnej stałości chemicznej) wyprowadził on wniosek, że stałość chemiczna materjałów wybuchowych jest własnością *addytywną* (Zeitschr. für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen *21*, (1926), str. 81). Załączone wykresy (rys. 31) uwidaczniają wyniki uzyskane przez Tonegutti'ego dla mieszanin 2-ch balistytów, oznaczonych literami A. i B. Zaznaczyć jednak należy, że prawo powyższe nie da się rozciągnąć na wszystkie materjały wybuchowe nitroglicerynowe, zwłaszcza zaś nie stosuje się do mieszanin różnorodnych materjałów, np. kordytów z balistytami.

Do omawianej kategorji prób należy również tak zwana

17) *Próba holenderska* (Dr. I. C. A. *Simon Thomas*, Zeitschr. für angew. Chemie, *40* (1927), str. 391).

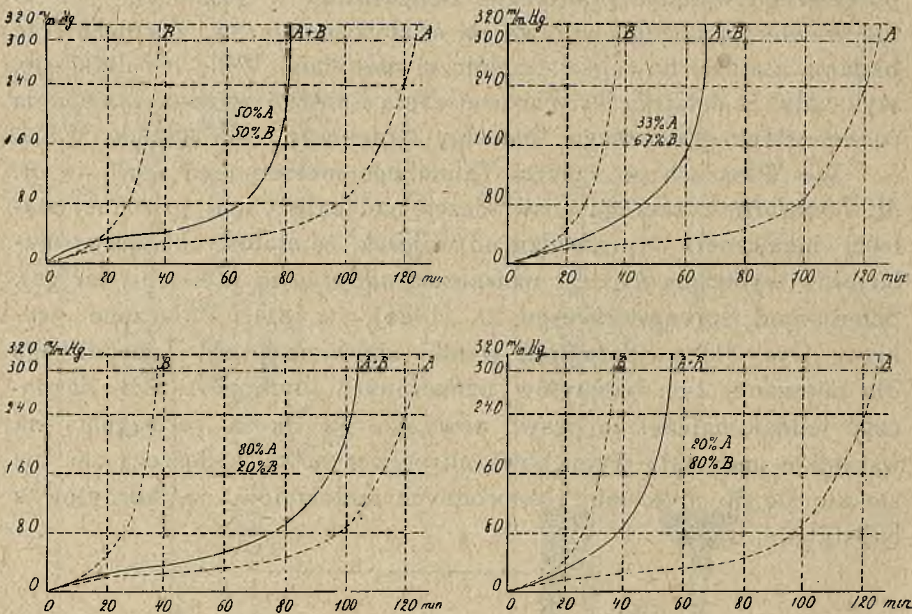
Metoda powyższa od szeregu lat jest stosowana przez marynarkę holenderską, jako próba stałości prochów bezdymnych i wykazała również zalety, jak próba przy odbiorach tychże.

Zgodnie z próbą *holenderską* ogrzewa się 4 gr. drobno zmielonego prochu, przechodzącego przez sito o oczkach 0,5 mm w probówce o długości 160 mm i średnicy wewnętrznej 18 mm.

Probówki zamykane są zapomocą bardzo starannie dotartych korków szklanych. Ogrzewa się probówki w łaźni olejowej, której temperaturę utrzymuje się na stałej wysokości przy pomocy termo-

regulatora. Dokładny opis przyrządu, umożliwiającego jednoczesne wykonanie większej ilości prób, podaje J. von *Meerscheidt-Hüllessem* (Ztschr. für ges. Schiess- und Sprengstoffwesen, *21, (*1926), str. 137 i dalsze).

Ażeby nie przedłużać zbytnio czasu trwania próby, ogrzewa się prochy nitroglicerynowe w 104° do 106°C, zaś nitrocelulozowe — w 109°—111°C. Ogrzewanie prowadzi się, podobnie jak w próbie Sy'a, w ciągu szeregu dni po osiem godzin dziennie. W celu usunięcia wil-



Rys. 31.

goci i pozostałych w prochu rozpuszczalników lotnych ogrzewa się prochy pierwszy raz w probówkach otwartych. Po zakończeniu ogrzewania probówki zamyka się i waży. Dalsze ogrzewania prowadzi się w probówkach zamkniętych[1]). Dla dobrych prochów nitroglicerynowych i nitrocelulozowych straty na wadze po 72 godzinach ogrzewania w odpowiedniej temperaturze (po odjęciu straty na wadze w ciągu pierwszych ośmiu godzin) nie powinny sięgać 2%. Z załączonej tablicy 15-ej, w której zestawione są wyniki próby dla rozmaitych

[1]) Ze względów praktycznych waży się kolejno — po 16-tu i 8-iu godz. ogrzewania, tak by ważenia mogły się odbywać dwa razy w ciągu dnia roboczego — zrana i wieczorem.

Tablica 15.

Nr.	Rodzaj prochu	Zawartość nitrogliceryny w %	Procent azotu w baw. strzeln.	Stabilizatory	Strata procentowa wagi prochu w ciągu pierwszych 8-iu godzin	Strata na wadze prochu po (n - 8) godzinach (w %)								
						24—8 g.	32—8 g.	48—8 g.	56—8 g.	72—8 g.	80—8 g.	96—8 g.	104—8 g.	120—8 g.
	a) prochy nitroglicerynowe (próba w 104^0 — 106^0 C).													
1	kostkowy	39 7	12,6	b e z	0,91	0,09	0,21	0,93	1,71	13,89	—	—	—	—
2	"	40,2	12,7	"	0,76	0,38	0,59	1,89	6,38	16.31	—	—	—	—
3	"	40,5	12,6	1,5% wazeliny	1,24	0,06	0,27	1,06	1,42	2,31	3,09	4,68	5,50	8,43
4	"	40,4	12,6	1,8% waz., 1% centr.	1,07	0,00	0,03	0,55	0,78	1,07	1,60	2,35	3,20	5,33
5	rurkowy	38,9	13,0	5% wazeliny	0,44	0,02	0,02	0,34	0,61	0,90	1,12	1,48	1,62	1,86
6	"	28,8	11,8	6,7% central.	0,92	0,01	0,08	0,38	0,89	1,27	1,49	1,89	2,29	2,98
7	"	28,4	11,9	7,5% central.	0,97	0,01	0,12	0,45	0,71	1,33	1,73	2,24	2,70	3,15
	b) prochy nitrocelulozowe (próba w 109^0 — 111^0 C).													
8	Płytk. kb.	—	12,6	b e z	2,93	0,05	0,15	0,61	0,95	1,41	1,67	2,15	2,51	3,24
9	" "	—	12,6	0,5% dwufenylam.	3,23	0,08	0,16	0,41	0,68	1,04	1,22	1,47	1,77	2,29
10	" "	—	12,6	1% dwufenylam.	1,96	0,12	—	0,17	0,57	0,91	1,03	1,42	1,95	3,07

gatunków prochu, widzimy, że prochy nitroglicerynowe bez stabilizatorów nie wytrzymują próby, jak również nie są wystarczające małe ilości wazeliny. Co się tyczy prochów nitrocelulozowych, to nawet bez stabilizatora wytrzymują one próbę, o ile są przygotowane z dobrze stabilizowanej nitrocelulozy.

Próba holenderska odnacza sie prostotą i nie posiada wad próby Sy'a. W praktyce daje ona dość dobre wyniki, ustępuje jednak próbie Taliani'ego, która daje dokładniejszy i ciągły obraz rozkładu badanego materjału.

Próby ilościowe stałości, przeprowadzane w niższych temperaturach (100—115°C), wymagają dużo czasu, o ile pomiary wyników oparte są na oznaczeniu straty na wadze badanego materjału (Sy, próba holenderska). W poszukiwaniu bardziej czułych metod zwrócono się do dziedziny elektrochemji. Tą drogą powstała, między innemi, metoda oznaczania stałości, opracowana przez

18) *Nic. L. Hansena* (Dansk Artilleri-Tidskrift, *12*, (1925) str. 129—162).

Metoda *Hansena* oparta jest na pomiarach stężeń jonów wodoru w roztworach, uzyskanych drogą ługowania chemicznie czystą wodą prochów bezdymnych lub nitroceluloz, poddanych uprzednio ogrzewaniu w 110°C.

W roztworach wodnych, jak wiadomo, iloczyn stężeń jonów wodoru ($C_{H^\cdot}$) i jonów wodorotlenowych ($C_{OH'}$) jest wielkością stałą:

$$C_{H^\cdot} \times C_{OH'} = \text{const.} = 10^{-14} \text{ (dla } 20^0 \text{ C)}.$$

W razie chemicznie czystej wody lub roztworów obojętnych:

$$C_{H^\cdot} = C_{OH'} = 10^{-7}.$$

W roztworach kwaśnych stężenie jonów wodoru jest większe i wynosi np., 10^{-6}, 10^{-2} i t. p.

Odwrotnie w roztworach zasadowych $C_{H^\cdot} < 10^{-7}$, wynosi np., 10^{-8}, 10^{-11} i t. p.

Oznaczenie stężenia jonów wodorowych dokonywane jest zwykle zapomocą elektrody wodorowej. Taką elektrodę otrzymujemy pokrywając płytkę platynową *czernią* platynową i nasycając tę ostatnią czystym wodorem. Pomiędzy taką elektrodą a jakimkolwiek roztworem wodnym powstaje różnica potencjałów, zależna od stężenia jonów wodoru w danym roztworze. To stężenie można oznaczyć przy

pomocy elektrody wodorowej w ten sposób, że tworzy się ogniwo z 2-ch elektrod wodorowych i 2-ch elektrolitów. Jedna z elektrod zanurzona jest w roztworze o znanem stężeniu jonów wodoru (np., 1 gr. w litrze, — roztwór normalny względem wodoru), zaś druga — w roztworze badanym. Zgodnie ze znanem równaniem Nernsta siła elektromotoryczna takiego ogniwa ma wartość

$$E = k \,.\, \log. \frac{C'_{H\cdot}}{C_{H\cdot}}$$

gdzie k oznacza stałą (w temperaturze około $20^0 C$ jest ona równa 0,0577) $C'_{H\cdot}$ — oznacza stężenie jonów wodoru w jednym z roztworów, $C_{H\cdot}$ — takież stężenie w drugim. Jeśli, jak w przykładzie wyżej podanym, $C'_{H\cdot} = 1$ to

$$E = 0{,}0577 \log. \frac{1}{C_{H\cdot}}$$

a zatem

$$\log. \frac{1}{C_{H\cdot}} = \frac{E}{0{,}0577} \quad \text{lub też}$$

$$-\log. C_{H\cdot} = \frac{E}{0{,}0577}$$

Wartości — log. $C_{H\cdot}$, t. j. odwrotnemu logarytmowi stężenia jonów wodorowych, Sörensen nadał nazwę wykładnika wodorowego i określił znakiem P_H. Wykładnik wodorowy jest zawsze ujemny. Jak z powyższego wynika między bezwględnem stężeniem jonów wodoru w roztworze, a wykładnikiem istnieje zależność:

$$C_{H.} = 10^{-P_H}$$

Do celów porównawczych podaje się zwykle absolutne wartości wykładnika. Jak zaznaczone było wyżej dla roztworów kwaśnych $P_H < 7$. Im więcej kwasu jest w roztworze, tem P_H jest mniejsze. Wartość P_H może być oznaczana metodą kolorymetryczną lub elektrometryczną (potencjometryczną). Ta ostatnia metoda jest dokładniejsza.

Przy rozkładzie bawełny strzelniczej i prochów bezdymnych zostaje między innemi odszczepiony tlenek azotu, NO, który z tlenem powietrza łączy się na dwutlenek azotu, NO_2. Ten ostatni z wodą daje kwasy azotawy i azotowy, według równania

$$2\,NO_2 + H_2 = HNO_2 + HNO_3.$$

W miarę postępu rozkładu zwiększa się zawartość kwaśnych tlenków azotu w prochach, tak iż może ona być miarą każdorazowego stanu stałości chemicznej badanego prochu. Wyługowując ogrzane uprzednio próbki prochów wodą, otrzymujemy roztwory kwasów azotawego i azotowego, w których stężenie jonów wodoru da się oznaczyć z dużą dokładnością. (Praktycznie oznacza się stężenia jonów wodoru tylko dla kwasów mocno zdysocjowanych).

W rozważanym przez nas wypadku do pomiarów nie może być stosowana elektroda wodorowa, gdyż zachodzi możność odtlenienia kwasu azotowego wodorem.

Elektrodę wodorową można zastąpić wprowadzoną przez B i i l m a n n a elektrodą chinhydronową, która w zasadzie jest elektrodą wodorową o bardzo małem ciśnieniu wodorowem.

Chinhydron jest to związek jednej cząsteczki c h i n o n u $C_6H_4O_2$, z cząsteczką h y d r o c h i n o n u $C_6H_4(OH)_2$. W roztworach wodnych chinhydronu następuje równowaga:

$$C_6H_4(OH)_2 \rightleftarrows C_6H_4O_2 + 2H^{\cdot} - 2F$$ [1])

Na elektrodzie platynowej, wprowadzonej do takiego roztworu powstaje potencjał, który w razie niezmiennego stosunku stężeń chinonu i hydrochinonu posiada wartość

$$E = A + 0{,}0577 \log C_{H^{\cdot}}$$

Przy dokonywaniu pomiarów do badanego roztworu wprowadza się elektrodę platynową (lub złotą) o małej powierzchni, dodaje kilka kropel nasyconego roztworu chinhydronu w alkoholu i łączy się jak zwykle badaną ciecz z elektrodą normalną. Potencjały ustalają się szybko.

Próbę H a n s e n a przeprowadza się w sposób następujący. Odważa się 9 próbek badanego prochu (dla prochów żżelatynowanych bierze się po 5 gr., zaś dla prochów porowatych i bawełny strzelniczej — po 2½ gr.). Badane materjały miele się w razie potrzeby i suszy w próżni w ciągu 8 godzin w temperaturze 40°C. Odważone próbki umieszcza się w probówkach szklanych o średnicy 16 mm i długości 360 mm. Z liczby próbek osiem ogrzewa się w ciągu co najwyżej 8 godzin w łaźni wodno-glicerynowej o 110° C. Probówki są kalibrowane (umie-

[1]) F oznacza 96494 coulombów (równoważnik Faraday'a).

szczone na nich kreski oznaczają objętość 50 cm³) i są zaopatrzone w starannie dotarte korki szklane. Dziewiąta próbka służy do oznaczenia, tak zw. punktu „zerowego". Po upływie godziny wyjmuje się jedną probówkę z łaźni, ochładza się ½ godziny, wprowadza ostrożnie nieco wody, skłóca się zawartość, poczem dopełnia się wodą do działki (50 cm³) i skłóca powtórnie. Woda dystylowana użyta do ługowania prochu nie powinna zawierać bezwodnika kwasu węglowego ani amonjaku.

W nieodsączonym roztworze oznacza się stężenie jonów wodoru zapomocą wspomnianej elektrody chinhydronowej. Co godzina wyjmuje się jedną próbówkę i przeprowadza oznaczenia. Z otrzymanych wartości P_H, jako funkcyj czasu ogrzewania, sporządza się wykresy. Uzyskuje się tą drogą krzywe, których przebieg charakteryzuje stałość chemiczną poszczególnych badanych materjałów wybuchowych. Wobec tego jednak, że wyprowadzanie wniosków z krzywych nastręcza w praktyce pewne trudności (zwłaszcza przy odbiorach) Hansen zaproponował pewne maksymum stężenia jonów wodoru, jako warunek, któremu odpowiadać winien produkt stały. Propozycję swoją sformułował on w sposób następujący. Badane materjały wybuchowe charakteryzuje się wielkością k (charakterystyka, którą uzyskuje się z wartości stężeń jonów wodoru $C_{H\cdot}$) (obliczonych z wartości P_H po 8-io godzinnem ogrzewaniu, według wzoru:

$$k = 15 - C_{H\cdot} \times 10^4.$$

O ile charakterystyka (k) jest ujemna, to badany materjał należy uważać za niestały chemicznie.

Metodę Hansena poddał surowej krytyce de Bruin. Wychodząc z założenia, że oznaczenia potencjometryczne należą do niełatwych i wymagają odpowiednio przygotowanych wykonawców, zaznaczył on, że nowa metoda mogłaby znaleźć szersze zastosowanie jedynie wtedy, o ileby posiadała specjalne zalety przed innemi. De Bruin jest zdania, że tak nie jest i nawet podał w wątpliwość zasadę, na jakiej jest oparta.

Produktami rozkładu prochów i bawełny strzelniczej są nietylko tlenki azotu, ale i innego rodzaju związki, z których część jest rozpuszczalna w wodzie, przyczem powstają jony dodatnie i ujemne (anjony i katjony). Z liczby ich Hansen wybrał do oznaczeń tylko jeden z katjonów, mianowicie jon wodoru ($H^\cdot$). Stężenie tego jonu może być wprawdzie oznaczone bardzo dokładnie, jednak ilość jonów wodoru

w roztworze zależy nietylko od ilości kwasów, powstających przy rozkładzie badanego materjału, ale również od obecności w roztworze innych ciał. Np., obecność węglanu wapnia ($CaCO_3$) powoduje zmianę stężenia jonów wodoru, a to dlatego, że kwas węglowy (H_2CO_3), powstający zgodnie z równaniem:

$$2H^{\cdot} + 2\,NO_3' + CaCO_3 = Ca^{\cdot\cdot} + 2\,NO_3' + H_2CO_3\,,$$

należy do kwasów słabych, niezdysocjowanych na jony.

W obecności więc węglanu wapnia, który często w ilościach dość znacznych wchodzi w skład bawełny strzelniczej i prochów, znika część jonów wodoru, i to tem większa, im więcej $CaCO_3$ zawiera badany materjał. Obecność zatem węglanu wapnia maskuje próbę, podobnie jak to czyni sublimat dla próby A b l a. Na niepożądany wpływ węglanu wapnia zwrócił zresztą uwagę już sam autor metody, Hansen.

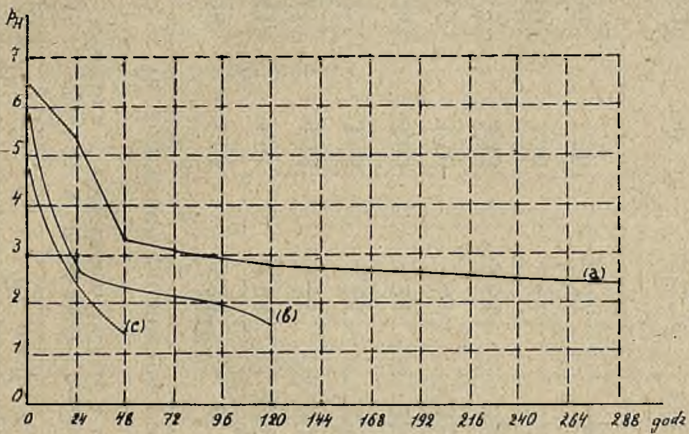
Z innych zarzutów de Bruin'a zasługuje na uwagę zarzut, dotyczący zamknięcia probówek. Hansen zaproponował korki gumowe; są one nieodpowiednie, gdyż na nie działają tlenki azotu; przy zastosowaniu szklanych możliwe są straty, zwłaszcza przy otwieraniu probówek. Wobec powyższego de Bruin zalecał wprowadzenie zamknięć typu Bergmanna i Junka. Pomimo tej krytyki metoda Hansena wywołała duże zainteresowanie. Szczegółowem jej zbadaniem zajęli się chemicy „chemisch-technische Reichsanstalt" w Berlinie, jak to widać z szeregu ogłoszonych na ten temat prac.

W V-em sprawozdaniu rocznem „chemisch-technische Reichsanstalt" (r. 1926) podane zostały wyniki badań wstępnych. Potwierdziły one zaznaczone przez Hansena zalety: duży stopień dokładności metody i szybkość wykonywania oznaczeń. Do ciekawych wyników doprowadziło okresowe badanie prochów przechowywanych w temperaturze 99,5° C. (Warmlagerung).

Na rys. 32 mamy wykresy wyników, uzyskanych w Reichsanstalt dla trzech rodzajów prochu: niemieckiego karabinowego (S) z r. 1918, o zawartości 0,4% dwufenylaminy, (a), niemieckiego działowego bez stabilizatora, z r. 1910, (b), i wreszcie rosyjskiego działowego bez stabilizatora z czasu wojny (c). Wyniki odnoszą się do 5 gr. prochu. Ługowano 50 cm³ wody dystylowanej, nie zawierającej bezwodnika kwasu węglowego. Na rysunku 32 wyraźnie występują różnice między stałością prochów ze stabilizatorem i bez niego.

Każdorazowo gdy wartość P_H dochodziła do granicy ∾ 2, dla prochu stwierdzano powstawanie par nitrowych. Wobec tego należy uważać za bezcelowe prowadzenie pomiarów poza tę granicę.

Wyniki późniejszych badań zostały ogłoszone przez F. Lenze'go i L. Metza (Zeitschr. für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen, 23 (1928) str. 428 i dalsze). Badali oni według metody Hansena prochy, zbadane uprzednio według innych metod (por. Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie Nr. 2, str. 220, tabl. 9).



Rys. 32.

Wyniki zostały zestawione w tablicy 16-ej.

Z powyższej tablicy wynika, że prochy Nr. Nr. 1 do 8 należy, zgodnie z ustalonemi przez Hansena warunkami, uważać za prochy dobre. Jako bardzo zły scharakteryzowany został rosyjski proch taśmowy (k = —1125).

Fakt, że za dobry uważany jest także i proch płytkowy kb. 436 (bez stabilizatora) jest tylko dowodem, że nie można uważać przyjętej empirycznie przez Hansena maksymalnej dopuszczalnej wartości dla stężenia jonów wodoru (15.10^{-4}) za ostatecznie ustaloną. Obecnie Hansen proponuje inne kryterjum stałości: dodaje się uzyskane 9 wartości P_H; otrzymana suma dla prochów dobrych winna być większa od 30.

Narazie przyjąć można, że dla dobrych prochów wartość P_H uzyskana po ogrzewaniu w ciągu pierwszej godziny nie powinna spadać poniżej 4-ch.

Graficzna analiza krzywych rozkładu prochów, mianowicie tych części krzywych, które odpowiadają pierwszej godzinie ogrzewania (por. rys. 33) przy pomocy odpowiednio przeprowadzonych stycznych, pozwala sądzić o charakterze przebiegu rozkładu prochów w ciągu pierwszej godziny: im bliżej początku spółrzędnych przecinają oś odciętych wspomniane styczne, tym mniej stały jest odpowiedni proch.

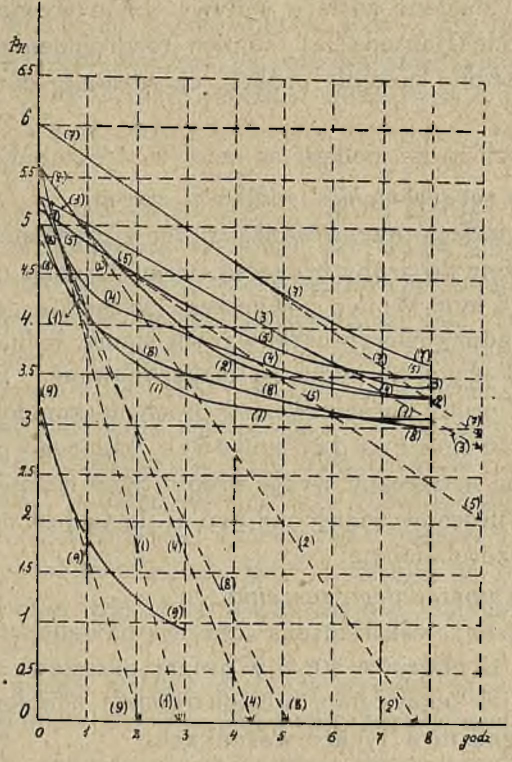
Tablica 16.

Czas ogrzewania w godz.	Rodzaje prochów								
	Proch kb. S. (A) z r. 1926	Proch kb. S. (B) z r. 1927	Proch kb. S. (C) z r. 1927	Proch kb S. (D) z r. 1927	Proch kb. S. (E) z r. 1912	Proch kb. S. (F) z r. 1918	Proch kb S. (G) z r. 1910	Proch pł. 436 z r. 1899	Ros. pr. taśm. z czasu wojny
	(w rubrykach pionowych podane są wartości p_H dla poszczególnych prochów)								
0	5,78	5,65	5,30	5,70	5,17	5,75	6,05	5,01	3,41
1	4,11	4,91	4,93	4,31	4,81	5,40	5,85	4,08	1,86
2	3,61	4,73	4,75	4,16	4,50	5,10	5,35	3,70	1,21
3	3,26	3,95	4,44	3,88	4,23	4,25	5,20	3,53	0,94
4	3,20	3,65	4,24	3,72	—	4,03	4,78	3,37	—
5	3,15	3,50	3,93	3,57	3,96	3,85	4,40	3,25	—
6	3,13	3,43	3,64	3,48	3,62	3,61	4,11	3,17	—
7	3,10	3,36	3,47	3,35	3,55	3,48	3,82	3,08	—
8	3,07	3,30	3,37	3,29	3,50	3,36	3,62	3,01	—
wartość C_H po upływie 8 godz.	$8{,}51 \times 10^{-4}$	$5{,}01 \times 10^{-4}$	$4{,}27 \times 10^{-4}$	$5{,}13 \times 10^{-4}$	$3{,}16 \times 10^{-4}$	$4{,}36 \cdot 10^{-4}$	2.4×10^{-4}	$9{,}8 \times 10^{-4}$	1140×10^{-4}
Charakterystyka wg. Hansena	+ 6.49	+ 9,99	+ 10,73	+ 9,87	+ 11,84	+ 10,64	+ 12,6	+ 5,2	— 1125
Ocena prochu	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry (?)	b. zły

Ciekawe jest, że uzyskane tą drogą wyniki pokrywają się z wynikami próby metylofioletowej, z czego należy wnosić, że próba ta dość dobrze odtwarza charakter rozkładu prochów w ciągu 1-ej godz.

Ostatnio zostały ogłoszone szczegółowe badania L. Metza (Zeitschrift für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen, 24 (1929), str. 245, 291).

Autor tych badań sprawdził metodę Hansena dla szeregu nitroceluloz i prochów bezdymnych nitrocelulozowych i nitroglicerynowych rozmaitego pochodzenia.



Rys 33

Doświadczenia przeprowadzone z nitrocelulozami potwierdziły większą stałość chemiczną bawełny strzelniczej w porównaniu z bawełną kolodjonową, oraz nieprzydatność metody do badania bawełny strzelniczej o znacznej (2,28%) zawartości węglanu wapnia. Po 18-tu godzinach ogrzewania takiej bawełny strzelniczej, kiedy już wyraźnie były widoczne tlenki azotu, wartość P_H wciąż jeszcze była większa od 6.

Naogół doświadczenia wykazały, że przyjęcie jednego sposobu charakteryzacji ($C_H \cdot 10^4 \geqq 15$) dobroci bawełny strzelniczej, prochów nitrocelulozowych porowatych i prochów dobrze zżelatynowanych nie jest wskazane, jako że bawełna strzelnicza i prochy porowate ulegają znacznie łatwiej rozkładowi, aniżeli prochy zżelatynowane.

Dla prochów badania potwierdziły w zupełności dodatni wpływ stabilizatorów na stałość ich, przyczem okazało się, że wpływ ten jest mniej wydatny dla prochów porowatych (ćwiczebnych).

Poza tem zbadane zostały wpływy, jakie wywierają na wyniki oznaczeń metodą Hansena: a). stopień rozdrobnienia badanych prochów, b). uprzednie suszenie próbek, c). rozmaite domieszki do prochów.

Wyniki tych badań podane są niżej w streszczeniu.

a) *wpływ rozdrobnienia* (wielkości ziaren).

Hansen zaleca przeprowadzać próbę z prochem zmielonym i odsianym, przyczem do próby brane są tylko ziarenka o wymiarach od 0,35 mm do 0,8 mm. Wobec powyższego wszystkie gatunki prochów są badane w jednakowo sproszkowanym stanie, jednak znacznie odbiegającym od stanu, w jakim są magazynowane. Przeprowadzone przez Metza próby porównawcze z prochami zmielonemi i krajanemi wykazały, że stan rozdrobnienia badanego prochu wywiera duży wpływ na ostateczny wynik próby. Stąd wniosek, że przy badaniu stałości prochów winny one być, o ile to jest możliwe, badane w stanie nierozdrobnionym.

b) *Wpływ uprzedniego suszenia.*

Według wskazówek Hansena suszy się bawełnę strzelniczą przed próbą w ciągu 12 godzin w 40° C w próżni, przesiewa przez sito i ponownie suszy, jak poprzednio, w ciągu 6 godzin; zmielone prochy suszy się w ciągu 8 godzin w tychże warunkach.

Porównawcze badania, przeprowadzone metodą Hansena przez *Metza* wykazały, że prochy uprzednio *suszone* są *mniej* stałe, niż nieprzesuszone. Przy przeprowadzaniu tych badań sprawdzone zostało również, czy słuszny jest zarzut, jaki stawia zamknięcie probówek *de Bruin*. W tym celu przeprowadzono równoległe próby z probówkami, zaopatrzonemi w dotarte szklane korki i z probówkami typu rurek Bergmanna i Junka.

Okazało się, że w razie ostrożnej pracy uzyskuje się prawie tożsame wyniki w obydwu wypadkach, wobec czego upadają zastrzeżenia *de Bruina*.

c) *Wpływ rozmaitych domieszek.*

Wyżej wspomniano już o wpływie, jaki wywiera zawartość znacznych ilości węglanu wapnia w bawełnie strzelniczej na wynik próby stałości. *Hansen* twierdził, że w prochach wpływ węglanu wapnia jest mniej wydatny. W celu sprawdzenia tego twierdzenia *Metz* przeprowadził szereg doświadczeń z prochami płytkowemi (fabryki w Reinsdorf), o rozmaitej zawartości węglanu wapnia i dwufenylaminy. Okazało się, że zawartość do 0,5% $CaCO_3$ nie wywiera dużego wpływu na oznaczenie stężeń jonów wodoru, jednak dla prochów zmielonych otrzymano wyższe wartości P_H, niż dla krajanych. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż w razie prochów zmielonych więcej cząsteczek $CaCO_3$ wchodzi w zetknięcie z kwaśnym roztworem, niż w razie prochów krajanych.

Dla prochów o zawartości 1—2% $CaCO_3$ metoda Hansena zawodzi. Dla prochów krajanych otrzymuje się jeszcze względnie prawidłowe wyniki, natomiast dla prochów zmielonych wyniki są zupełnie błędne. Wynika stąd, że metoda *Hansena* może być stosowana do badania prochów zawierających węglan wapnia jednak pod warunkiem, że będą przeprowadzane próby wyłącznie z prochami krajanemi. Obecność aniliny i alkoholu amylowego nie wywiera ujemnego wpływu na oznaczenie wartości P_H, zato dwuchromian potasu, $K_2Cr_2O_7$, który, np. wchodzi w skład niemieckiego gwiazdkowego prochu ćwiczebnego, Manöversternpulver, uniemożliwia oznaczenie P_H przy pomocy elektrody chinhydronowej, gdyż przesuwa w roztworze chinhydronu równowagę między hydrochinonem a chinonem i wodorem, utleniając ten ostatni.

Specjalną uwagę zwrócił *Metz* na sprawę przydatności próby Hansena do badania stałości prochów *nitroglicerynowych.*

Ilość metod, nadających się do powyższego celu jest ograniczona. Z pośród dotychczas rozważonych najczęściej stosowane są metody Abla, Taliani'ego i holenderska. Otrzymywane wyniki są jednak często sprzeczne i sprawdziany stałości nie są jeszcze ostatecznie ustalone.

Doświadczenia orjentacyjne wykazały, że przy wykłócaniu nitrogliceryny zupełnie czystą wodą nie zmienia się wartość P_H tej ostatniej, innemi słowy nitrogliceryna nie dysocjuje w zetknięciu z wodą. Po stwierdzeniu tego faktu *Metz* zajął się zbadaniem szeregu prochów nitroglicerynowych.

Narazie stwierdzono, że prochy, które wykazały małą stałość przy badaniu metodami typu „Warmlagerung", okazały się mało stałe i przy badaniu metodą Hansena. Dalsze prace nad prochami nitroglicerynowemi prowadzone są w „Reichsanstalt".

De Bruin nie poprzestał na skrytykowaniu metody Hansena, a podał inną metodę *elektrochemiczną*, zdaniem jego lepiej nadającą się do badania stałości chemicznej materjałów wybuchowych.

Wznowił on mianowicie badania nad metodą, zaproponowaną swego czasu przez *Jacqué* (Zeitschr. für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen, I, (1906), 39); w metodzie tej bada się nie stężenie jonów wodoru w roztworze, a *przewodnictwo* roztworu. Nowe badania przeprowadzone zostały przez *de Bruina* i *de Pauw'a* i zostały podane w komunikacie Nr. 6 „Nederlandsche Springstoffenfabrieken". Doprowadziły one do opracowania

19) *nowej metody* oznaczania stałości chemicznej, opartej na mierzeniu przewodnictwa roztworów, zawierających rozpuszczone w nich produkty rozkładu badanych materjałów wybuchowych. Dla krótkości będziemy ją nazywali metodą *de Bruina*.

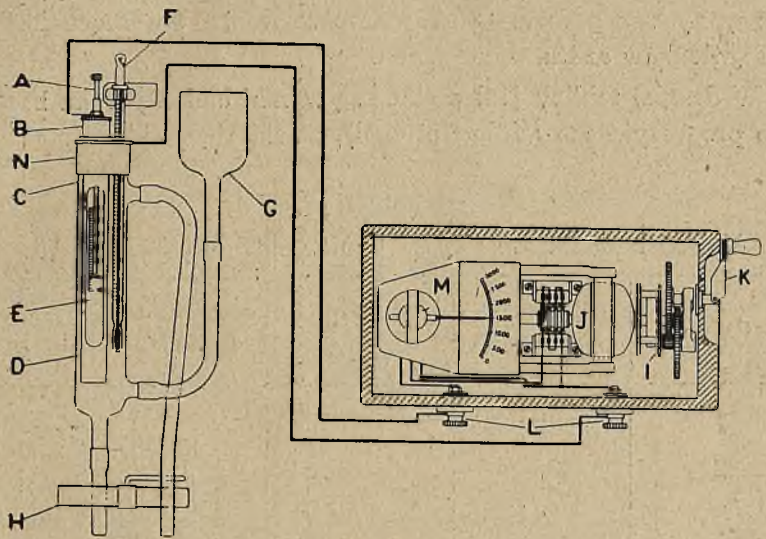
Technika wykonania tej metody jest następująca.

Kilka flakonów z próbkami badanej bawełny strzelniczej lub prochu suszy się w ciągu kilku godzin w temperaturze około 100°C. Jedną z próbek ługuje się następnie 150 cm³ wody dystylowanej, o znanem przewodnictwie. Po odsączeniu roztworu oznacza się przewodnictwo jego.

Pozostałe flakony z próbkami ogrzewa się w stałej temperaturze (autorzy stosowali różne temperatury, poczynając od 99° do 132°C). W pewnych odstępach czasu wyjmuje się kolejno poszczególne flakony z ogrzewanym materjałem wybuchowym. Zawartość flakonów ługuje się każdorazowo 150 cm³ czystej wody i oznacza przewodnictwo uzyskanego roztworu jak wyżej.

Do oznaczania przewodnictwa może być stosowany każdy z przyrządów, używanych do tego celu w pracowniach elektrochemicznych. Dogodniej jednak jest mieć przyrząd łatwy w obejściu, nie wymagający wykwalifikowanego personelu i umożliwiający przeprowadzanie masowych oznaczeń.

De Bruin i *de Pauw* do swoich doświadczeń dostosowali przyrząd, używany do badania wody, t. zw. „The Dionic Water Tester" w połączeniu z „Evershed's Conductivity Meter", wyrobu firmy Evershed and Vignoles Ltd. w Londynie.



Rys. 34.

Schemat całkowitego przyrządu podany jest na rys. 34. Do umieszczania badanego roztworu służy szklana rurka *C*. Przez górną metalową jej oprawę *N* przechodzi termometr *F*. Na oprawie *N* umocowana jest pomocnicza oprawka *B*, do której przytwierdzone są dwie elektrody, — nieruchoma o kształcie walca, *D*, i ruchoma izolowana, *A*, oraz szklana rurka *E*, oddzielająca elektrody od siebie. Napełnia się rurkę *C* przez lejek *G*, a opróżnia przez dolną rurkę, zamkniętą zapomocą ściskacza *H*.

Przyrząd do mierzenia przewodnictwa składa się z małej prądnicy stałego prądu, wprawianej w ruch zapomocą korby *K*, i właściwego przyrządu mierniczego *M* o skali kalibrowanej w odwrotnych megomach na cm^3. Gdy przyrząd jest zestawiony i sprawdzony, nalewa się badaną ciecz do rurki *C*, wprawia w ruch rączkę *K* i odczytuje na skali przewodnictwo roztworu.

Przy posiłkowaniu się opisanym przyrządem oznaczanie przewodnictwa jest rzeczą bardzo łatwą.

Z pracy de Bruina i de Pauw'a podane są niżej wyniki 2-ch badań.

Nitrocelulozę niezżelatynowaną, o zawartości 13,5% azotu i rozpuszczalności w eterze-alkoholu 10%, poddano czterogodzinnemu suszeniu w 95°C i następnie ogrzewano w termostacie szereg próbek (po 3 gr.) w temperaturze 103½°C.

Ogrzewano w ciągu 32½ godzin. Wyniki zestawione są w tablicy 17-ej, przyczem podane są również obserwacje, dotyczące ukazywania się tlenków azotu.

W drugiej tablicy (18) podane są wyniki badań prochu karabinowego progresywnego (Köln-Rottweil), zawierającego kamforę.

Tablica 17.

Wyniki badania metodą de Bruina nitrocelulozy o 13,5% azotu.

Nr. flakonu	Ilość godzin ogrzewania	Przewodnictwo elektr. w 10^{-6} om.$^{-1}$	Pary czerwono-brunatne
1	0	55	niewidoczne
2	22	66	"
3	24½	91	ledwie dostrzeg.
4	26½	141	widoczne
5	28½	235	obfite
6	30	363	bardzo obfite
7	32½	644	"

Tablica 18.

Wyniki badania metodą de Bruina prochu bezdymnego (Köln Rottweil).

Nr. flakonu	Ilość godzin ogrzewania	Strata na wadze w %	Przewodnictwo elektr. w 10^{-6} om.$^{-1}$
0	8	—	36
1	24	0,04	35
2	32	0,04	36
3	48	0,20	109
4	53	0,46	150
5	56	1,02	406

Badany proch ogrzewano w warunkach *próby holenderskiej*, t. j. w 110°C, przyczem w ciągu pierwszych 8-iu godzin ogrzewano w flakonach otwartych, a następnie w zamkniętych. Po ogrzewaniu w ciągu określonej ilości godzin zawartość flakonu była ważona, ługowana 150 cm³ wody dystylowanej, po 1½ godzinach skłócano zawartość jeszcze raz, sączono i oznaczano przewodnictwo w 18°C.

Z tablicy 18-ej widzimy, że okres stałości prochu trwa około 32 godzin, poczem rozpoczyna się szybki jego rozkład.

Dotychczasowe badania wykazały, że próba de Bruina daje najlepsze wyniki dla pierwszego, niezbyt energicznego, okresu rozkładu badanego materjału i wtedy czułość metody przewyższa znacznie czułość, np., próby holenderskiej. Natomiast w okresie bardziej posuniętego rozkładu, gdy ma miejsce obfite wydzielanie się tlenków azotu, możliwe są straty ich przy otwieraniu flakonów, nawet w razie zastosowania nasadek typu Bergmanna i Junka. W tym ostatnim wypadku o wiele bardziej celowe jest posługiwanie się metodą holenderską, gdyż ta ostatnia daje wtedy wystarczająco dokładny obraz dalej posuniętego rozkładu.

Metodę de Bruina można stosować również do badania bawełny strzelniczej i prochów, zawierających stosunkowo znaczne ilości węglanu wapnia: miejsce jonów wodoru ($H^{\cdot}$) w roztworze zajmują jony ($Ca^{\cdot\cdot}$). Te ostatnie są wprawdzie mniej ruchliwe, obserwuje się przeto nieco wolniejszy wzrost przewodnictwa, jednak przebieg krzywej rozkładu jest prawidłowy.

Na wyniki próby wywierają wpływ domieszki w nitrocelulozie i prochach, w rodzaju soli, rozpuszczalnych w wodzie, jakiemi są, np., dwuwęglan sodu ($NaHCO_3$), dwuchromian potasu ($K_2Cr_2O_7$) i t. p.

Narazie stwierdzić należy, że zarówno próba Hansena, jak i próba de Bruina wymagają jeszcze szeregu uzupełniających badań, zanim będzie mógł być wydany ostateczny sąd o nich.

Osobne miejsce wśród prób stałości, przeprowadzanych w stałej temperaturze, zajmuje

20) *Próba D. Berthelot'a i H. Gaudechon'a* (Compt. Rend. T. 153 (1911) str. 1200).

Wymienieni uczeni wprowadzili do badań nad stałością prochów nowy czynnik, — działanie *promieni pozafiołkowych*. Po przeprowa-

dzeniu szeregu doświadczeń, doszli oni do wniosku, że działanie promieni pozafiołkowych na rozmaite materjały wybuchowe polega na przyśpieszeniu takich zmian w ich składzie, które normalnie zachodzą w nich samorzutnie w ciągu długiego okresu czasu. Innemi słowy zmiany, które zachodzą pod wpływem naturalnych czynników, jakiemi są ciepło, wilgoć, składniki powietrza i t. p., w ciągu lat, odbywają się pod działaniem promieni pozafiołkowych w ciągu kilku godzin.

Naświetlaniu lampą kwarcową poddany został szereg prochów nitrocelulozowych (prochów B) oraz nitroglicerynowych (balistyty, kordyty, prochy C_2 i A_1 i t. d.). Badane próbki były pokrajane na kawałeczki 5 mm wielkości.

Doświadczenia przeprowadzono w rozmaitych temperaturach (zależnie od odległości próbek od lampy), mianowicie w 25—28°C (odległość od lampy kwarcowej 70—80 mm), w 40°C (odległość od lampy — 50 mm), wreszcie kilka doświadczeń wykonano w 70—75°C (odległość od lampy — 15 mm). Naświetlanie trwało około 6 godzin.

Stwierdzono, że obserwowany rozkład zależał jedynie od *naświetlania,* a nie od ogrzewania. Te same próbki po dwukrotnem ogrzaniu (w ciągu sześciu godzin każdorazowo) w temperaturach 68—70°C i 70—75°C nie wydzieliły żadnych gazów, podczas gdy przy naświetlaniu wydzieliły się tlenki węgla CO i CO_2, i tlenki azotu oraz azot (N_2, N_2O i NO). Wygląd prochów nitrocelulozowych nie ulegał zmianie w czasie naświetlania *(fotolizy).*

Na prochach nitroglicerynowych wydzielały się kropelki nitrogliceryny, podobnie jak to normalnie zachodzi dla tego rodzaju prochów, poddanych działaniu zimna.

Okazało się, że prochy nitrocelulozowe są mniej wrażliwe na działanie promieni pozafiołkowych, niż prochy nitroglicerynowe. Poniżej podane są wyniki otrzymane dla 2-ch gatunków prochu po sześciogodzinnem naświetlaniu w atmosferze azotu:

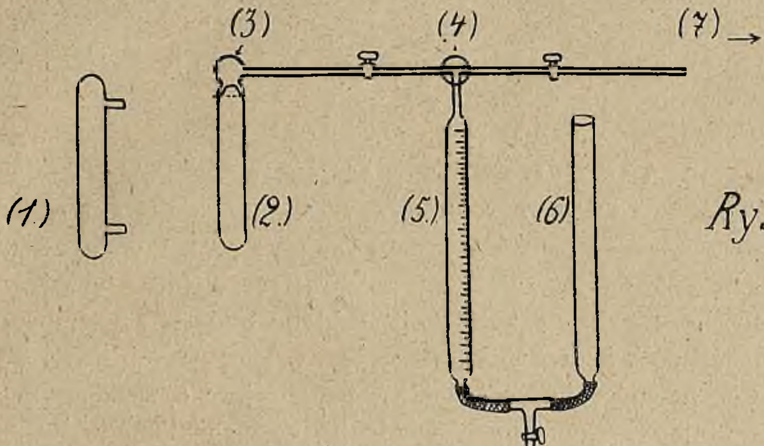
Proch B (nitrocelulozowy z r. 1897) : 29% CO_2, 40% CO i 31% N_2.

Proch C. G. (bawełna kolodjonowa, dwunitrotoluol i 20% nitrogliceryny) : 30% CO_2, 22% CO, 7% NO i 41% N_2.

Czysta nitrogliceryna pod wpływem naświetlania wydziela następujące gazy: CO_2, CO, N_2, N_2O i NO. Zawartość tlenku azotu w mieszaninie gazów dochodzi do 40%. Bawełna strzelnicza poddana fotolizie, dała podobną mieszaninę, ale o znacznie mniejszej zawartości NO, wykazała jednak mniejszą stałość, niż prochy nitrocelulozowe.

W omawianej metodzie miernikami stałości chemicznej badanego materjału wybuchowego są: ilość wydzielonych w jednostce czasu ciał lotnych i skład ich chemiczny.

Guilbaud (Compt. Rend. T. 161 (1915) str. 212) opisał aparaturę do fotolizy prochów (por. rys. 35).



Rys. 35.

Na rysunku tym (1) oznacza lampę kwarcową, (2) — probówkę z przezroczystego kwarcu (długości 100 mm i o średnicy 15 mm), w której umieszczony zostaje badany proch. Probówkę zamyka szklana, starannie dotarta przykrywka (3), od której odchodzi boczna wąska rurka, zaopatrzona w kurek trójdrożny (4), który prowadzi do pompy próżniowej (7) i do biurety gazowej (5) i (6).

Około 2 do 2,5 gr badanej nitrocelulozy lub prochu umieszcza się w probówce (2), poczem wytwarza się w niej próżnię (20 mm). Następnie poddaje się probówkę działaniu promieni pozafiołkowych lampy rtęciowej; ilości wydzielonych gazów są oznaczane w pewnych odstępach czasu; z uzyskanych danych oblicza się szybkość rozkładu badanego materjału. Po ukończonem naświetlaniu analizuje się otrzymaną mieszaninę gazów.

Próba Berthelot'a i Gaudechon'a nie została dostatecznie zbadana i opracowana, tak, iż narazie może być stosowana jedynie, jako próba uzupełniająca, współcześnie z innemi metodami.

Przeciwko próbie przemawia to, że stwarza ona dla badanego materjału warunki, różniące się zasadniczo od tych, w jakich zazwyczaj przechowywane są powyższe materjały.

Na tem możemy zakończyć przegląd ilościowych prób stałości, przeprowadzanych w stałej temperaturze, gdyż metoda zaproponowana przez amerykańskich chemików R. W. Ryana i E. A. Lantz'a (Ind. Eng. Chem. Vol. 20, (1928), str. 40) nie daje nic nowego, a stanowi właściwie kompilację szczegółów kilku metod.

Przechodzimy obecnie do rozważania innej kategorji prób, które są przeprowadzane w temperaturze *niestałej*. W próbach tej kategorji zwraca się uwagę nie na uzyskane produkty rozkładu i ich ilość, a na *ciepło*, wywiązujące się w czasie rozkładu.

Prototypem tego rodzaju prób, jest próba zaproponowana przez *Hess'a* (Mitteil. Artil. u. Geniewesen, 14 (1883) 92). Polega ona na tem, że jednakowe ilości rozmaitych prochów ogrzewane są w 70°C w warunkach możliwie jednakowych. W każdej z próbek umieszczony jest termometr; specjalny termometr mierzy temperaturę otaczającego środowiska. Dzięki ciepłu reakcji rozkładu podnosi się temperatura badanych próbek. Różnice temperatur, wskazywanych przez poszczególne termometry w porównaniu z temperaturą otoczenia, mogą służyć jako miernik szybkości rozkładu badanego materjału. Próba, zaproponowana przez Hessa nosi charakter próby porównawczej, a nie ściśle ilościowej. Nie zwrócono w niej uwagi na rozmaite źródła *strat* ciepła (przez promieniowanie, przewodnictwo), od których zależy oczywiście wielkość badanego efektu.

W zrozumieniu powyższego *Nathan* (Journ. Soc. Chem. Ind. 28 (1909) 443) zaproponował stosowanie naczyń *Dewar'a* do tego rodzaju prób. Tą drogą powstała próba, przyjęta w Anglji do badania prochów nitroglicerynowych (kordytów), znana pod nazwą

21) *„Waltham Abbey Silvered Vessel Test"*.

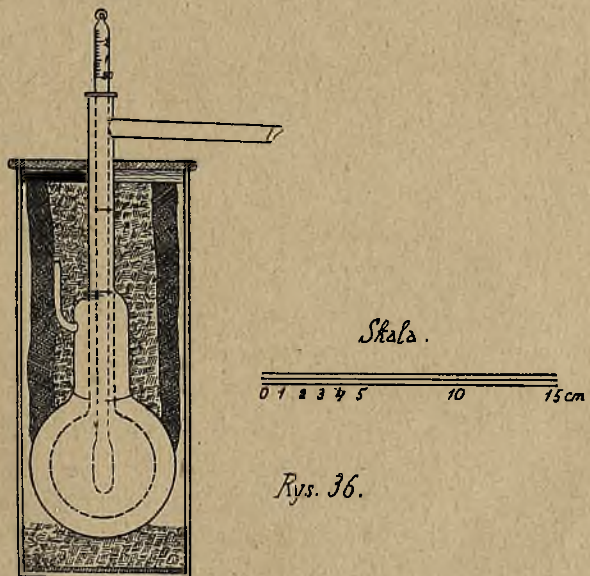
Podstawy tej próby są następujące. Gdy kordyt ogrzewany jest w ciągu dłuższego czasu w *stałej* temperaturze, to powstające pary nitrowe początkowo są pochłaniane przez zawartą w nim wazelinę. Gdy ostatnia zostanie nasycona kwaśnemi produktami, to ciepło, powstające w czasie dalszego rozkładu, o ile zapobiegnie się jego rozproszeniu, spowoduje stopniowe podnoszenie się temperatury badanego kordytu. Próba tego rodzaju wykonywana jest w ściśle ustalonych warunkach, w łaźni-termostacie o 80°C. Ogrzewanie prowadzi się aż do osiągnięcia przez proch temperatury 82°C. Czas, wyrażony w godzinach, jaki upłynął do tej chwili od początku próby, jest miernikiem stałości badanego prochu.

Próba powyższa nadaje się do badania kordytów i wogóle zżelatynowanych prochów o wysokiej zawartości nitrogliceryny.

Dobry kordyt, nowej produkcji, wytrzymuje próbę w ciągu 500 do 600 godzin. Proch nie wytrzymujący jej 200 godzin, kwalifikowany jest jako zły i podlega zniszczeniu. (Regulations for Army Ordnance Service, Wyman & Sons, 1914, T. II. Appendix V).

W większości wypadków, na jakieś 12 godzin przed osiągnięciem temperatury 82°C zaczyna się wydzielanie czerwono-brunatnych tlenków azotu. W razie prochów podejrzanych (co do stałości) wskazane jest, ze względu na możliwe wybuchy, przerwanie próby z chwilą ukazania się tlenków.

Stosowane do wykonania omawianej próby naczynie Dewara składa się z 2-ch kolb, z których jedna umieszczona jest w drugiej, w sposób uwidoczniony na rys. 36.



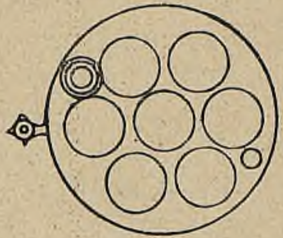
Rys. 36.

Boczna rurka przylutowana do zewnętrznej kolby umożliwia usunięcie powietrza z przestrzeni między ściankami obu kolb. Po wytworzeniu możliwie dużej próżni zalutowuje się koniec tej rurki. W celu zmniejszenia strat przez promieniowanie srebrzy się zewnętrzną ściankę wewnętrznej kolby i wewnętrzną — zewnętrznej. Na odległości mniej więcej 12.7 cm (5 cali) od środka kulistej części wewnętrznej kolby, na szyjce kolby zaznaczona jest kreska (t. zw. kreska 5"). Po-

jemność wewnętrznej kolby do tej kreski może się wahać w granicach od 95 cm^3 do 102 cm^3. W pobliżu górnego końca szyjki kolby przylutowana jest boczna rurka o długości 27,7 cm i średnicy 0,8 cm; służy ona do obserwowania powstających w czasie rozkładu tlenków azotu.

Zmielony i odsiany kordyt zostaje wsypany do naczynia Dewara aż do wysokości kreski (5''). Specjalny termometr zaopatrzony w kreskę 5'' (licząc od środka naczyńka termometru) posiada skalę tak urządzoną, że po umieszczeniu go w prochu(obie kreski 5'' winny znaleźć się na jednym poziomie) wystaje z kolby część skali powyżej 80°C.

Następnie owija się szyjkę naczynia Dewara watą lub wełną azbestową oraz wojłokiem i umieszcza w metalowem naczyniu cylindrycznem, na dnie którego znajduje się krążek azbestowy i wata lub wełna azbestowa; górna część naczynia jest zamknięta korkiem drewnianym i przykryta krążkiem azbestowym. Naczynia Dewara umieszcza się w termostacie łaźni o temperaturze 80°C $\pm$0,1°. Łaźnia zrobiona jest z blachy mosiężnej, posiada kształt cylindryczny (średnica — 36,8 cm, wysokość 40,6 cm). W pokrywie (por. rys. 37) znajdują się



Rys. 37.

otwory dla chłodnicy zwrotnej, termometru i 7-iu gniazd do umieszczenia cylindrów z kolbami Dewara. Boki i góra termostatu są pokryte warstwą izolująca azbestu. Stałą temperaturę łaźni (80°C) utrzymuje się zapomocą termoregulatora i odpowiednio dobranej cieczy ogrzewającej (benzol lub roztwór wodny metylowego alkoholu).

Odnotowuje się czas rozpoczęcia próby. Co 3 godziny odnotowuje się temperatury, wskazane przez termometry (po wprowadzeniu poprawek). Obserwuje się również pojawienie się tlenków azotu. Skoro tylko w którejkolwiek z kolb z kordytem zostanie osiągnięta temperatura 82°C, wyjmuje się ją z łaźni, odnotowuje czas, dokładną temperaturę i obecność (lub nie) tlenków azotu.

Wyjęte naczynia studzi się na powietrzu, wysypuje z nich kordyt, niszczy ten ostatni i myje się starannie kolby wodą i acetonem.

Dla niestałych kordytów (np. nie zawierających wazeliny) przeprowadza się próbę w 65°C zamiast w 80°C.

Wobec tego, że do próby brane są stosunkowo duże ilości prochów, — 40—50 gr i więcej — wskazane jest wykonywanie prób w oddzielnym budynku, odosobionym od innych.

Opisana próba wprowadzona jest w wielu krajach. Oparta jest na niezawodnie słusznej zasadzie , jednak wykonanie jej w praktyce posiada wiele braków. Zwłaszcza trudno jest o zupełnie jednakowe kolby Dewara (pod względem stanu próżni). W próbie tej odegrać mogą decydującą rolę drobne różnice temperatur, zmniejszenie się próżni w kolbach Dewara, różnice w ciężarze grawimetrycznym badanych prochów i temu podobne źródła błędów, które są bez znaczenia dla innych prób. Wobec powyższego pożądane jest ulepszenie szczegółów metody.

Do tej samej kategorji, co poprzednia, należy

22) *Próba Taylora* (temperature rise test) (Ind. a. Eng. Chem. *16* (1924) 1185).

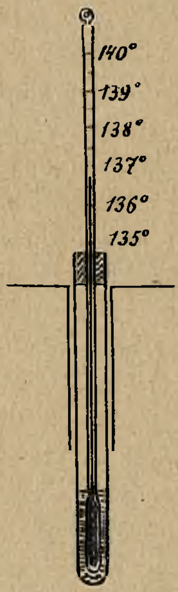
Oparta jest również na mierzeniu ciepła, wydzielającego się w czasie rozkładu badanego materjału. Gdy jednak na wykonanie „Silvered Vessel Test" trzeba od 200 do 600 godzin i próba ta stosowana jest wyłącznie do prochów nitroglicerynowych, nowa próba Taylora przeprowadzana jest w krótkim czasie i stosowana jest do prochów nitrocelulozowych i bawełny strzelniczej.

Badaną bawełnę strzelniczą suszy się przed wykonaniem próby w ciągu 5 godz. w 40°C. 4,5 gr suchej bawełny strzelniczej umieszcza się do probówki i ubija naokoło naczyńka wstawionego termometru (por. rys. 38). Probówka jest z grubościennego szkła, długości 30 cm i o średn. wewnętrznej 1,4 cm. Termometr w granicach od 130° do 140°C ma skalę podzieloną na dziesiąte części stopnia. Przyrząd, jak widzimy, odznacza się prostotą i pozwala na szybkie wykonanie próby.

Probówki z badanym materjałem umieszcza się w łaźni-termostacie o 135°C. Temperaturę odnotowuje się w odstępach minutowych. Na rys. 39 podany jest przykład wykresu zmian temperatury. Przebieg zjawiska jest następujący:

Zazwyczaj temperatura badanego materjału dochodzi do 135°C po upływie 30 minut od chwili wstawienia probówki do łaźni; dalej następuje krótki okres powolnego wzrostu temperatury, po którym idzie

okres szybkiego rozkładu badanego materjału, a zatem i szybszego wzrostu temperatury. Po osiągnięciu pewnej maksymalnej temperatury, zaczyna się jej spadek i wreszcie temperatura ustala się na pewien przeciąg czasu. Ma to miejsce, gdy szybkość rozkładu zmniejszyła się znacznie, i straty ciepła przez promieniowanie równoważą dopływ ciepła z termostatu. Wspomniany maksymalny wzrost tem-



Rys 38.

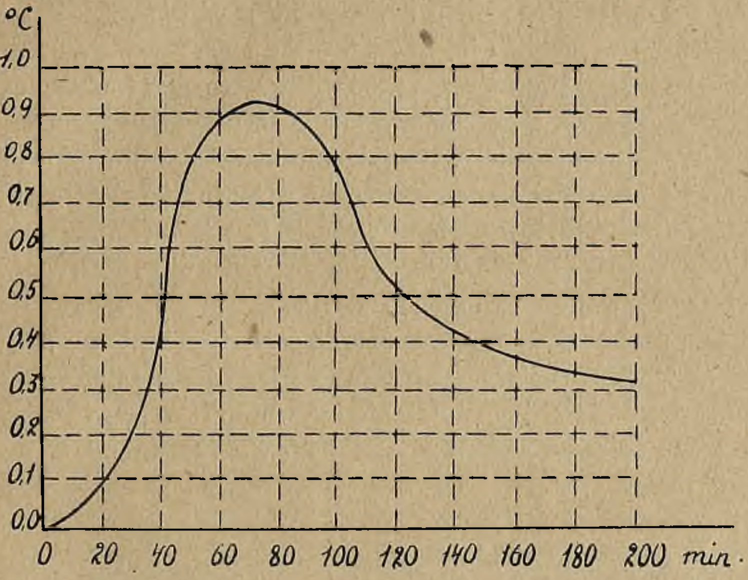
peratury może być oznaczony z dokładnością od 0,05° do 0,1°C. Jest on miernikiem chemicznej stałości badanego materjału. Próba Taylora nadaje się do badania postępu stabilizacji bawełny strzelniczej w czasie jej wyrobu: w miarę postępu stabilizacji bawełny strzelniczej obserwowane jest zmniejszanie się wzrostu temperatury w próbie Taylora. Autor w wyniku szeregu badań dochodzi do wniosku, że dla dobrej bawełny strzelniczej maksymalny wzrost temperatury w warunkach omawianej próby nie powinien być większy niż 1,10°C.

Próba Taylora, jak i „Silvered Vesel Test" wymaga jeszcze dokładnego opracowania.

Do liczby prób stałości, wykonywanych w zmiennej temperaturze, zaliczana jest również

23) *Metoda oznaczania temperatury pobudzenia materjału wybuchowego* (Verpuffungsprobe).

Jest to próba jakościowa, różniąca się od poprzednio rozpatrzonych jakościowych prób tem, że w niej badany jest końcowy okres rozkładu badanego materjału wybuchowego, a nie, jak zwykle, pierwszy. Jakkolwiek omawiana metoda nie posiada specjalnych zalet w porównaniu z innemi jakościowemi, to jednak jest ona często stosowana w celach orjentacyjnych (zresztą równolegle z innemi metodami).



Rys. 39.

Próba „temperatury pobudzenia" oparta jest na spostrzeżeniu, że szybkość rozkładu materjału wybuchowego wzrasta wraz z temperaturą. O ile przyjmiemy wraz z Will'em (por. Wiadom. Tech.-Artyl. Nr. 1, str. 93 i 94), że szybkość rozkładu prochów i nitrocelulozy podwaja się przy podniesieniu się temperatury o 5°C, to, kładąc szybkość rozkładu materjału wybuchowego miotającego równą *1* w 100°C, otrzymamy dla 175°C wartość jej 2^{15} większą, t. j. 32768.

W temperaturze 165°C przyśpieszenie rozkładu jest tak znaczne, że w temperaturze nieco wyższej każdy proch bezdymny ulega pobudzeniu, t. j. wybucha lub spala się. Zauważyć należy, że mierzenie temperatury badanego prochu nie jest rzeczą prostą, wobec czego oznacza się zawsze tylko temperaturę otaczającego środowiska, w danym razie — łaźni, w której są ogrzewane badane próbki. Z powyższego wynika, że temperatura pobudzenia zależna jest, między innemi, od sposobu i szybkości doprowadzania ciepła i przewodnictwa cieplnego

badanego materjału. Otrzymane więc wyniki, nawet w razie bardzo dokładnego zachowania przepisanych warunków, posiadają tylko względną wartość.

Wykonanie próby jest następujące: 0,1 gr. badanego prochu umieszcza się w lekko zamkniętej probówce z grubego szkła i wstawia się do łaźni parafinowej, ogrzanej dokładnie do 100°C. Wskazane jest, by ziarnka prochu miały wymiary od 1 do 2 mm. Łaźnia zaopatrzona jest w mieszadło, w celu uzyskiwania możliwie jednostajnej temperatury we wszystkich jej częściach. Po umieszczeniu w łaźni probówek z badanemi prochami i z prochem wzorcowym i ogrzaniu się ich do 100°C, ogrzewa się stopniowo łaźnię (zwiększając płomień palnika) tak, by temperatura jej wzrastała równomiernie: 5°C na minutę. Ogrzewanie prowadzi się, aż do chwili wybuchu (zapłonienia) próbki. Temperatura, w której nastąpił wybuch, jest *temperaturą pobudzenia*. Dla większości prochów nitrocelulozowych i nitroglicerynowych mieści się ona w granicach od 170° do 180°C.

Z założenia próby wypływa, że badany materjał wybuchowy należy uważać za tem mniej stały, im niższa jest jego temperatura pobudzenia. W rzeczywistości jednak tak nie jest, jak o tem, np., świadczą wyniki prób porównawczych *Lenze'go i Metz'a* (Ztschr. für ges. Schiess-und Sprengstoffwesen, 23 (1928), str. 341), podane w tablicy 19-ej.

Tablica 19.

Rodzaj prochu	Temperatura pobudzenia	Próba przechowania w 75° C.	Próba Bergmanna i Junka (cm.^{3} NO)	Ocena prochu
Proch kb. „S" (A)	172 — 173°	49 dni	8,64; 8,82	mn. dobry
„ „ „ (B)	173,5 — 174°	68 — 74 dni	9,00; 9,19	dobry
„ „ „ (C)	172,5 — 173°	151 dni	7,88; 7,89	b. dobry
(D)	171,5	136 dni	6,48; 7,00	b. dobry
(E)	177 — 177,5°	88 — 91 dni	10,32; 10,52	dobry
(F)	172,5 — 173°	135 — 138 dni	7,92; 8,10	b. dobry
(G)	175 — 175,5°	63 dni	12,35; 13,27	jeszcze dobry
Proch kb. Nr. 436	175 — 175,5°	12 — 13 dni	42,03	zły
Proch dział. ros.	173,5 — 174,5°	22 godziny	—	b. zły

Z tablicy tej widzimy, że temperatury pobudzenia prochów dobrych i złych nie różnią się zupełnie, a w niektórych przypadkach proch

b. dobry (D), ma niższą temperaturę pobudzenia, niż proch b. zły (ros. dział). Dla danego gatunku prochu oznaczenia temperatury pobudzenia, wykonywane systematycznie co pewien czas, mogą dać obraz zmiany jego stanu.

Zaletą próby jest krótki czas jej trwania. Wszelkie usiłowania udoskonalenia tej próby (H. Weber, Publications of the Bureau of Standards U. S. A. *S* 192) dotychczas doprowadzały tylko do jej skomplikowania, nie dając wzamian nic istotnie lepszego.

Pozostaje jeszcze ro rozważenia jedna kategorja prób stałości, mianowicie prób w *temperaturze zwykłej*, lub mało różniącej się od niej.

O ileby zostały opracowane metody *proste w wykonaniu*, a zarazem dostatecznie *czułe*, by przy pomocy ich można było śledzić za przebiegiem rozkładu prochów i bawełny strzelniczej w temperaturze zwykłej, to byłyby one oczywiście *najodpowiedniejszemi* metodami do badania stałości tych materjałów. Niestety jednak przebieg rozkładu w zwykłej temperaturze jest tak powolny, że rozwiązanie interesującego nas zagadnienia na tej drodze wydaje się wątpliwe.

Stosowane w praktyce próby stałości w zwykłej temperaturze posiadają przeważnie charakter prób obserwacyjnych lub też stwierdzających zgrubsza, czy badany proch znajduje się w stanie rozkładu.

Są to oczywiście próby jakościowe. Do liczby ich należą najprostsze ze znanych nam prób, ograniczające się do stwierdzenia, czy badany proch zawiera wolny kwas, — produkt rozkładu.

24) *Próba lakmusowa.*

Do wykonania jej stosowany jest papierek lakmusowy niebieski lub roztwór niebieskiego lakmusu.

Drobno zmielony proch zarabia się z niewielką ilością wody dystylowanej na gęstą kaszę. Po upływie kilku minut zanurza się do tej ostatniej koniec *ostro* przykrajanego papierka lakmusowego. Drugi taki papierek zanurza się w dystylowanej wodzie; służy on do porównywania z zabarwieniem pierwszego. Poczerwienienie papierka świadczy o obecności w prochu wolnych kwasów, t. j. o dość posuniętym rozkładzie jego.

Stosowane jest (w magazynach) umieszczanie papierków lakmusowych w słoikach z badanemi próbkami prochów (50 do 100 gr). Słoiki te pozostają pod stałą obserwacją. Chodzi tu oczywiście o

stwierdzenie chwili pojawienia się par nitrowych, które, jako bezwodniki kwasów, zabarwią papierek na kolor czerwony.

Próba lakmusowa nie daje zupełnie pewnych wyników: poza tlenkami azotu, poczerwienienie lakmusu wywołać mogą i inne kwasy, których obecność w warunkach próby jest możliwa, a które nie mają nic wspólnego z rozkładem prochu. Są niemi kwas węglowy, zawsze obecny w powietrzu, oraz kwas octowy, który może powstać, jako produkt utlenienia wydzielających się z prochu rozpuszczalników (alkoholu etylowego, eteru lub acetonu). Ilości utworzonego kwasu octowego są tak nieznaczne, że nie wpływają one na stałość chemiczną prochu, są jednak wystarczające, by spowodować poczerwienienie papierka lakmusowego.

25) *Próba z n/10 papierkiem metylofioletowym.*

Papierki metylofioletowe nie zmieniają zabarwienia pod wpływem kwasu węglowego i kwasu octowego; nadają się zatem lepiej do tylko co opisanej próby obserwacyjnej. Są one również stosunkowo mało czułe na działanie *rozproszonego* światła dziennego.

Pod działaniem tlenków azotu papierki metylofioletowe stopniowo tracą swój kolor.

Prochy w dobrym stanie nie odbarwiają papierka w ciągu conajmniej miesiąca. Zgodnie z przepisami amerykańskiemi papierki, zawieszone są w słoikach tak, by nie dotykały ścianek słoika, ani też prochu; są one zmieniane w słoikach co miesiąc.

Ostatnią z pośród rozpowszechnionych prób, wykrywających wolne kwasy w prochach jest

26) *Próba Angeli'ego* (Rendiconti d. R. Accademia dei Lincei. XXVII, 1° (1918) str. 164).

Angeli podał prostą i czułą metodę wykrywania kwasów w prochach *nitroglicerynowych*. Oparta jest ona na tem, że proch, będący w stanie rozkładu, zabarwia się w zetknięciu z roztworem dwumetylo-amino-azobenzolu, $C_6H_5.N:N.C_6H_4.N(CH_3)_2$ (żółcieni masłowej).

Stosowany jest roztwór 0,2% w alkoholu.

Badane prochy kraje się zapomocą noża lub nożyc, nie dotykając bezpośrednio palcami, na drobne, jak najcieńsze kawałeczki (wiórki).

Z każdego badanego prochu sporządza się dwie próbki półgramowe. Jedną z nich umieszcza się do probówki z 10 cm³ wody dystylowanej, drugą — do probówki z wodą, do której dodano 10 kropel odczynnika Angeli'ego. Obie próbki ogrzewane są w łaźni wodnej

do 40° C w ciągu 2-ch godzin, poczem porównywane są zabarwienia próbek.

Proch, który *nie* zabarwił się pod wpływem odczynnika, lub też zabarwił się na kolor żółty, jest uważany za dobry. Jeśli jednak badany proch zabarwił się w mniejszym lub większym stopniu na kolor *czerwony*, to znajduje się on w stanie mniejszego lub większego rozkładu.

W razie bardzo złych prochów, sam odczynnik zabarwia się na czerwono z chwilą wprowadzenia doń prochu.

Angeli i Ernani (Gazz. Chim. Ital. 50,1° (1920), str. 189) znaleźli, że próba Abla dla balistytów daje wyniki rozbieżne z otrzymanemi zapomocą próby Angeli'ego. *Taliani* (Riv. Art. i Genio 1°, 1921) przekonał się również o rozbieżności wyników równolegle przeprowadzonych prób Abla i Taliani'ego. *M. Tonegutti* (Ztschr. für ges. Schiess-u. Sprengstoffwesen 21, (1926), str. 127) doszedł do takich samych wyników. Znalazł on również rozbieżność wyników próby Abla i „Silvered Vessel Test". Zbadał on szereg prochów (balistytów) porównawczo kilkoma metodami. Część z nich reagowała kwaśno (próba Angeli'ego). Wyniki są zestawione w tablicy 20-ej. Jak widać z niej próba Abla daje wyniki prawie jednakowe dla prochów kwaśnych Nr.Nr. 1, 2, 3, 5 jak i dla obojętnych (Nr.Nr. 10, 13, 16, 18 i 20—125), podczas gdy metoda Taliani'ego i „Silvered-Vessel Test" uwydatniają różnice stałości (dla balistytów, nie zawierających wazeliny, próba „Silvered-Vessel Test" trwa krócej niż dla kordytów). Do specjalnie ciekawych wniosków prowadzi porównanie prób dla prochów Nr.Nr. 10, 13, 16, 18 i 20 — 125. Odczyn wszystkich ich jest *obojętny*, są one stałe według Abla, natomiast metody Taliani'ego i „Silvered-Vessel Test" wykazują duże różnice ich stałości.

Zatem: 1°) próba Abla dla balistytów nie prowadzi do pewnego sądu o stałości prochów przy magazynowaniu,

2°) obojętny odczyn prochu (próba Angeli'ego) nie jest dowodem stałości prochu.

Szereg prób Tonegutti przerobił z kordytami (MD) i austrjackiemi prochami M. 97 i M. 97a, które poza wazeliną nie zawierały specjalnych stabilizatorów, jak np., dwufenylaminy, kwaśnego węglanu sodu ($NaHCO_3$) i t. p. Badano równolegle próbki prochów kwaśne i obojętne. Wyniki badań zestawione są w tabl. 21-ej.

Z tablicy widzimy, że tylko próba Abla wykazała wydatne różnice stałości prochów. Najprawdopodobniej wazelina jest powodem

Tablica 20.

Nr. próbki prochu	Wynik próby Angeli'ego (kwasowość)	Stałość chemiczna według próby Abla	według próby Taliani'ego (120°)	według „Silvered Vessel Test" w 80° C
1	dodatni	20′	30 minut	48 godz.
2	„	14′	32 „	73 „
3	„	27′	34 „	48 „
5	„	30′	30 „	53 „
10	ujemny	27′	40 „	60 „
13	„	30′	45 „	58 „
16	„	27′	44 „	60 „
18	„	24′	48 „	77 „
20—125	„	15′—30′	70—90 min.	100—130 godz.

Tablica 21.

Metoda badania stałości	Proch M. D. 30% ngl. i 5% wazel.		Proch M. 97 37% ngl. i 3% wazel.		Proch M. 97-a 36% ngl. i 5% wazel.	
	kwaśny	obojętny	kwaśny	obojętny	kwaśny	obojętny
Abel 80° C.	4—7 min.	ponad 10 min.	4—6 min.	9—20 min.	4—7 min.	9—20 min.
Silv. Vessel Test 80°.	> 2000 godz.	> 2000 godz.	600 godz.	600 godz.	1200 godz.	1300 godz.
Tlenki azotu w 120°C.	—	—	6—7 godz.	6—7 godz.	6—7 godz.	6—7 godz.
Taliani (ok. 125° C.).	120—150 min.	120—155 min.	90—115 min.	120 min.	115 min.	115 min.

anormalnych wyników pozostałych prób. Zatem prochy typu kordytów winny być właściwie badane tylko metodami Angeli'ego i Abla, gdyż inne metody w tym wypadku zawodzą.

Nie brak było usiłowań w kierunku opracowania prób *ilościowych* badania stałości materjałów wybuchowych, przeprowadzanych w zwykłej temperaturze. Opracowane dotychczas metody posługują się nie-

stety albo zbyt skomplikowaną, albo też zbyt kosztowną aparaturą i w obecnej swej postaci mają znaczenie wyłącznie naukowe; można więc poprzestać na krótkiej o nich wzmiance. Należą tu

27) *Metoda Chiaraviglio i Corbino* (Rendic. d. R. Accademia dei Lincei XXIV, 5a (1915), str. 120), oparta na oznaczaniu w próżni ilości wydzielających się z badanych materjałów wybuchowych produktów lotnych rozkładu, drogą oznaczania zmiany przewodnictwa elektrycznego drucika platynowego, ogrzanego zapomocą prądu do 10° C, podczas gdy badany materjał utrzymywano w temperaturze ± 0° C.

Prostszą w wykonaniu jest druga metoda.

28) *Próba Pollarda* (Transact. Opt. Soc. 26 (1924—25) 63—73). W zasadzie jest to ulepszona próba Hess'a. Powstające w zwykłej temperaturze nieznaczne ilości tlenków azotu skierowywane są zapomocą strumienia suchego powietrza do koloidalnego roztworu tlenku srebra, Ag_2O. Pod wpływem tlenków azotu w roztworze zmniejsza się ilość cząsteczek koloidalnych. Po upływie 10 godzin trwania doświadczenia zmianę stężenia cząsteczek koloidalnych oznacza się przy pomocy *nefelometru*.

Na tem kończymy przegląd metod badania stałości chemicznej prochów bezdymnych i bawełny strzelniczej.

Widzimy, że dotychczas nie została jeszcze opracowana *idealna* pod każdym względem próba stałości. Jest to zresztą zupełnie zrozumiałe wobec tego, że zjawisko rozkładu prochów i nitrocelulozy w swem całokształcie jest niezwykle złożone. Dopiero ostatniemi czasy zajęto się wyjaśnieniem wpływów, jakie na wyniki prób wywiera szereg tego rodzaju czynników, jak uprzednie suszenie próbek, stopień ich rozdrobnienia, różnego rodzaju domieszki i t. p. Badania ostatnich lat prowadzą też do wniosku, że dla poszczególnych typów prochów bezdymnych i bawełny strzelniczej winny być opracowane indywidualne metody ich badania, co zresztą w pewnej mierze już było uwzględniane dla prochów nitroglicerynowych. Dalsze prace w tym kierunku niezawodnie doprowadzą do wydatnego udoskonalenia szeregu stosowanych metod, a przedewszystkiem do ujednostajnienia i sprecyzowania niektórych szczegółów ich wykonania.

W każdym bądź razie sprawa badania stałości chemicznej, już obecnie stoi na tak wysokim poziomie, że w razie fachowej kontroli przechowywanych w składach prochów, samorzutny ich rozkład jest

niemal że wyłączony i mógłby być spowodowany tylko przez zbieg wysoce niesprzyjających okoliczności.

Na zakończenie poczytuję sobie za miły obowiązek podziękowania tym wszystkim, którzy dopomogli mi do skompletowania materjałów do niniejszej pracy, a mianowicie p. inż. Marji Głowackiej, p. dyr. Walczyńskiemu i pp. inżynierom Wykowskiemu i Kamińskiemu z Państwowej Wytwórni Prochów i Materjałów Kruszących w Zagożdżonie.

Panu inż. Tadeuszowi Brzozowskiemu składam podziękowanie za łaskawą pomoc przy korekcie tej pracy.

Arkusz poprawek do artykułu „Metody badania stałości chemicznej bawełny strzelniczej i prochów bezdymnych". (Nr: 2 Wiadomości Techniczno-Artyleryjskich):

str. 207, wiersz 9 od góry skreślić, a na to miejsce wstawić: „kiem zbyt długi czas jej trwania, spowodowany zastosowaniem sto-".
„ 207, wiersz 15 od góry: zamiast „w których są" czytać „w których obserwowane są";
„ 208, wiersz 10 od góry: zamiast „rozważań" czytać „rozważenia";
„ 208, wiersz 18 od dołu: zamiast „średnice" czytać „średnica";
„ 208, wiersz 17 od dołu: zamiast „zewnętrzne" czytać „zewnętrzna"; i zamiast „wewnętrzne" czytać „wewnętrzna";;
„ 209, wiersz 3 od góry: zamiast „termostatu" czytać „termometru";
„ 213, wiersz 2 od góry: zamiast „powierzchni' czytać „powietrznej".
„ 214, wiersz 11 od dołu: zamiast „P. Veille" czytać „P. Vieille";
„ 216, wiersz 8 i 12, tabl. 8-ej: zamiast „Mniden" czytać „Muiden";
„ 216, wiersz 2 od dołu: zamiast „Inż." czytać „Już".
„ 217, wiersz 7 od dołu: zamiast „str. 3—17" czytać „str. 317";
„ 221, wiersz 4 od góry: zamiast „stożków" czytać „słoików";
„ 221, wiersz 7 od góry: zamiast „Stożki" czytać „słoiki";
„ 221, wiersz 8 od góry: zamiast „stożków" czytać „słoików";
„ 224, wiersz 4 od dołu: zamiast „bestu" czytać „azbestu";
„ 224, wiersz 2 od dołu: zamiast „ozot" czytać „azot";
„ 232, wiersz 13 od góry: zamiast „$FeCl_3$" czytać „$3\ Fe\ Cl_3$".

Kpt. inż. MĄCZYŃSKI HENRYK.

O FOSGENIE.

Fosgen w czasie wojny światowej w r. 1915 znalazł zastosowanie początkowo w walce falowej i był używany w balonach w domieszce z chlorem (25% fosgenu i 75% chloru, lub 50% fosgenu i 50% chloru). Później fosgen był głównie używany w walce artyleryjskiej, w pociskach, bombach i t. d.

Skutki wywoływane przez ataki fosgenowe są o wiele znaczniejsze, niż przy użyciu samego chloru (własności duszące fosgenu są 30 razy większe od chloru). Fosgen do dziś dnia uchodzi za jeden z najbardziej napastliwych i niebezpiecznych środków bojowych, wobec czego obecnie kwalifikują go, jako jeden z zasadniczych gazów bojowych do przyszłych działań wojennych. Z drugiej zaś strony fosgen znajduje duże zastosowanie w przemyśle pokojowym, przy wyrobie barwników, preparatów farmaceutycznych i t. d.

Do r. 1914 fosgen był wyrabiany dla celów naukowych i przemysłowych wyłącznie w Niemczech, które zaopatrywały prawie cały świat w wymienione produkty (barwniki, lekarstwa itd.). Zastosowanie fosgenu do celów wojennych spowodowało, że w czasie wojny światowej fosgen zaczęły produkować i inne państwa. A więc powstały fabryki fosgenu we Francji (Lyon), w Anglji (Newcastle), w Rosji (Iwanowo-Wozniesieńsk).

Wobec olbrzymiego znaczenia fosgenu, jako środka bojowego i dla celów przemysłowych, pokojowych, koniecznem jest bliższe i szczegółowe zapoznanie się z nim.

W roku 1811 John Davy, zajmując się kwestją powinowactwa chemicznego chloru względem wodoru i tlenu, otrzymał nowy gaz pod

działaniem promieni słonecznych, względnie iskry elektrycznej na mieszaninę chloru i tlenku węgla w obecności wodoru.

Davy powtórzył doświadczenie, przyczem wyeliminował wodór i otrzymał ten sam gaz.

Nowy gaz otrzymał nazwę „fos-gen" czyli „zrodzony przez światło". Od czasu wynalezienia fosgenu upłynęło 118 lat. W międzyczasie wielu badaczy zajmowało się kwestją sposobu otrzymania fosgenu, oraz jego zastosowania. Rozpatrzymy sposoby otrzymywania fosgenu w skali laboratoryjnej, oraz technicznej.

W r. 1819 Hofmann otrzymał fosgen, przepuszczając tlenek węgla do pięciochlorku antymonu $SbCl_5$.

W r. 1837 Göbel stwierdził otrzymanie fosgenu przy przepuszczaniu tlenków węgla nad nagrzanemi: AgCl, Pb Cl_2.

W r. 1847 M. A. Cahours otrzymał fosgen przy przepuszczaniu chloromrówczanu trójchlorometylu przez nagrzaną do 320—350° rurkę, przyczem związek ten rozpada się na fosgen $Cl\,COO\,Cl_3 = 2COCl_2$.

W r. 1863 Butlerow powtórzył doświadczenia Hofmanna, lecz otrzymał przy nagrzewaniu $SbCl_5$ w strumieniu CO tylko nieznaczne ilości fosgenu.

W r. 1864 J. Schiel otrzymał fosgen, przepuszczając zupełnie suche CO i Cl_2 przez nagrzaną rurkę porcelanową, napełnioną węglem.

W r. 1868 Th. Wilm i G. Wishin opracowali metodę otrzymania fosgenu z CO i Cl_2 drogą stopniowego przepuszczania wysuszonych gazów przez 3 dziesięciolitrowe butelki ze szkła, wystawione na działanie promieni słonecznych.

Tlenek węgla przepuszczali z szybkością większą od szybkości chloru, przyczem otrzymany w ten sposób fosgen zawierał ślady CO.

W r. 1868—69 Schützenberg uzyskał fosgen, zastosowując następujące reakcje syntezy:

1) przy nagrzewaniu suchego tlenku cynku (ZnO) z czterochlorkiem węgla (CCl_4) w rurce zalutowanej do 200° w ciągu kilku godzin, otrzymany gaz zawierał 20% $COCl_2$ i 80% CO_2;

2) przy przepuszczaniu pary CCl_4 i CO nad nagrzanym do 350° pumeksem otrzymują się znaczne ilości fosgenu.

$$2\,CCl_4 + 2CO = 2\,CO\,Cl_2 + C_2\,Cl_4;$$

3) przy przepuszczaniu mieszaniny CO i Cl_2 nad gąbczastą platyną, przyczem oprócz fosgenu tworzy się lotny związek platyny:

4) przy działaniu Cl_2O na siarczek węgla CS_2 otrzymuje się fosgen i tlenochlorek siarki.

W r. 1869 A. Emerling i B. Lenguel otrzymali fosgen:

1) przy utlenianiu chloroformu mieszaniną chromową,

$$2\,CHCl_3 + 3\,O = 2\,COCl_2 + H_2O + Cl_2.$$

Przy tem również tworzy się CO_2.

Proces zaczyna się przy temperaturze łaźni wodnej. Z powiększeniem temperatury rozkład następuje z wydzieleniem tlenu. Największa wydajność otrzymuje się przy zastosowaniu 2 wag. cz. $CHCl_3$, 5 w. cz. $K_2\,Cr_2\,07$ i 40 w. cz. $H_2\,SO_4$.

Mieszaninę nagrzewają w kolbie z odwrotną chłodnicą celem zatrzymywania pary chloroformu. Otrzymany w ten sposób gaz miał następujący skład: 90,6% $CO\,CI_2$

9,4% CO_2.

2) Przy przepuszczaniu suchej mieszaniny tlenosiarczku węgla COS i chloru przez nagrzaną do czerwoności porcelanową rurkę, napełnioną kawałkami parcelany. Oprócz fosgenu i wolnego COS i chloru otrzymuje się również CO i SCL_2.

Przy zwykłej temperaturze chlor nie działa na COS. Przy temperaturze niżej czerwonego żaru zawartość fosgenu w otrzymanej mieszaninie gazów znacznie się zmniejsza.

Przy przepuszczaniu COS do roztopionego chlorku miedzi $CuCl_2$ również wytwarza się fosgen.

Z chlorkiem antymonowym COS już przy zwykłej temperaturze daje fosgen, którego ilość wzrasta z podniesieniem temperatury.

W r. 1869 Armstrong i jednocześnie Schutzenberg otrzymali fosgen działaniem czterochlorku węgla na bezwodnik siarkowy.

$$CCl_4 + 2SO_3 = COCl_2 + S_2O_5Cl_2.$$

Przy nagrzewaniu na łaźni wodnej proces idzie szybko z równomiernem wydzieleniem fosgenu.

W r. 1871 Gustawson otrzymał fosgen, nagrzewając w ciągu 48 godzin mieszaninę 1 cz. P_2O_5 i 2—3 cz. CCl_4 w zalutowanej rurce przy temp. 200—220°. $P_2O_5 + 2CCl_4 = COCl_2 + CO_2 + 2POCl_3$.

Wydajność fosgenu 80% teoretycznej. Część CCl_4 pozostaje nierozłożoną. Zmniejszenie ilości CCl_4 prowadzi do zmniejszenia wydajności fosgenu, przyczem jednocześnie zwiększa się ilość CO_2.

W 1878 r. Paterno zaproponował szybki i łatwy sposób otrzymywania fosgenu, polegający na przepuszczaniu mieszaniny CO i Cl_2

przez rurkę szklaną, napełnioną kawałkami węgla zwierzęcego. Następuje reakcja ekzotermiczna z wydzieleniem ciepła i dlatego rurka musiała być ochładzaną.

Sposób ten cokolwiek zmodyfikowany (z zastosowaniem zamiast węgla zwierzęcego, węgla drzewnego aktywnego) jest wykorzystywany przy produkcji fosgenu w skali technicznej.

Wr. 1905 V. J. Michalske otrzymał fosgen, nagrzewając w piecu elektrycznym wapno niegaszone, suchy chlorek wapnia i koks. Tworzy się węglik wapnia i fosgen.

$$2\,CaO + CaCl_2 + 10C = 4\,CaC_2 + 2COCl_2.$$

Przy zwykłej temperaturze (15—20°) i normalnem ciśnieniem fosgen przedstawia gaz o duszącym zapachu. Przy ochładzaniu (mieszaniną lodu i soli kuchennej) fosgen skrapla się w ciecz bezbarwną, która jest cięższą od wody. W znacznem rozcieńczeniu fosgen posiada zapach zgniłych liści, lub owoców. Otrzymany technicznie na skutek różnych zanieczyszczeń jest barwy ciemno bronzowej, a nawet czarnej i posiada wyższy punkt wrzenia, co jednak nietylko nie zmniejsza, lecz nawet potęguje jego napastliwość, czyniąc go wygodniejszym do celów bojowych. 1 cm^3 skroplonego fosgenu w temp. 0° i pod ciśnieniem 1 atm. waży 1,432 gr. Współczynnik rozszerzalności płynnego fosgenu w temp. + 10° wynosi 0,001561, w temp. + 30° — 0,001771, w temp. 55° — 0,002211.

Współczynnik kompresji przypuszczalnie wynosi mniej więcej tyle, co współczynnik kompresji chloru, t. j. w granicach ciśnień od 1 atm. do 500 atm. — 0,0001 na każdą atmosferę.

Gdyby więc fosgen skroplony szczelnie wypełniał naczynie, w takim razie przy ogrzewaniu o 1° wzrost ciśnienia wyniósłby 15—16 atmosfer. Ponieważ dla uniknięcia silnego parowania w czasie napełniania fosgenem flasz, czynność tę wykonywuje się zwykle w temperaturze około — 15°, zatem po ogrzaniu do temp. + 25° fosgen zwiększyłby swą objętość co najmniej o 0,06 części, co wywołałoby ciśnienie około 600 atm. Ażeby więc zabezpieczyć się od rozerwania flaszy musimy przy napełnianiu pozostawić 16—20% wolnej przestrzeni. Stosując fosgen do celów bojowych zaobserwowano, że bywa on łatwo pochłaniany przez różne ciała, jak trudnolotne płyny, które go rozpuszczają (np. toluol, ksylol i inne) oraz niektóre ciała stałe porowate (pumeks). Wykorzystując tę własność, Francuzi używali do napełniania pocisków roztwory fosgenu w cieczach trudnolotnych, Niemcy zaś

napełniali swoje pociski pumeksem, przepojonym fosgenem, co miało tę dodatnią stronę, że pocisk nie zmieniał swych własności balistycznych, z drugiej zaś strony ilościowo pumeks wchłania tyleż prawie fosgenu, ile byłoby go w pocisku w stanie niewchłoniętym.

Fosgen pod względem chemicznym jest typowym chlorobezwodnikiem kwasowym. Pod działaniem wody ulega on hydrolizie, dając kwas solny i kwas węglowy.

$$COCl_2 + H_2O = CO_2 + 2HCl.$$

Powstawanie chlorowodoru powoduje, że po wybuchu pocisku z fosgenem tworzy się obłok z mgły.

Jeśli płynny fosgen wlać do wody, reakcja hydrolizy następuje gwałtownie. W atmosferze jednak, gdzie mamy do czynienia z nienasyconą parą fosgenu, para wodna działa na fosgen powoli.

To też ślady fosgenu w powietrzu mogą trwać bez rozkładu dłuższy czas i na tem polega również fakt opóźnionego działania toksycznego. Znamienną jest reakcja fosgenu z kwaśnym węglanem potasu, który rozkłada fosgen i powoduje wydzielenie potrójnej ilości CO_2.

$$COCl_2 + 2KHCO_3 = 3CO_2 + 2KCl + H_2O$$

Metaliczny potas i sód rozkładają fosgen, przyczem otrzymuje sie z potasem — C, KCl i K_2O, z sodem CO i NaCl.

Przy działaniu fosgenu na cynk, antymon, cynę, przy nagrzewaniu wydziela się CO i otrzymuje się odpowiednie chlorki metali. Na żelazo fosgen również działa. Bardzo ważnym odczynem jest działanie amoniaku na fosgen, przyczem otrzymujemy mocznik i chlorek amonu

$$COCl_2 + 4NH_3 = CO{<}^{NH_2}_{NH_2} + 2NH_4\,Cl$$

Bouchardat stwierdził, że przytem ma miejsce tworzenie się guanidyny (i midomocznika)

$$CO{<}^{NH_2}_{NH_2} + NH_3 = H_2O + C\begin{matrix} \diagup NH_2 \\ -NH \\ \diagdown NH_2 \end{matrix}$$

Tworzy się również kwas cjanurowy $(COHN)_3$ i amidek tego kwasu.

Węglowodory nasycone nie reagują z fosgenem w zwykłej temperaturze, przy nagrzewaniu, ani pod wpływem promieni słonecznych.

Berthelot powyższe doświadczenie przeprowadził z metanem CH_4, etylenem C_2H_4 i acetylenem C_2H_2. Harnitz-Harnitzky przy działaniu

fosgenu na węglowodory aromatyczne otrzymał odpowiednie chloro-bezwodniki kwasowe.

Kraft stwierdził, że przy działaniu fosgenu na benzol w obecności trójchlorku glinu $AlCl_3$, działającego katalitycznie, otrzymuje się chlorobezwodnik kwasu benzoesowego, chlorek benzoilu, który z wodą daje kwas benzoesowy.

$$C_6H_6 + COCl_2 = C_6H_5 . COCl + HCl$$

$$C_6H_5COCl + H_2O = C_6H_5\,COOH + HCl$$

Reakcją tą można się posiłkować przy otrzymaniu aromatycznych ketonów, naprz.:

$$C_6H_5 . COCl + C_6H_6 = C_6H_5 . CO . C_6H_5 + HCl$$

E. Ador i Rilliet przy działaniu $COCl_2$ na ksylol przy t — 15° w obecności $AlCl_3$ otrzymali keton o p. wrz. 340°, z którego po zmydleniu uzyskuje się kwas dwumetylobenzoesowy $C_6H_3\,(CH_3)_2\,COOH$.

Alkohole pod działaniem fosgenu tworzą estry kwasu chlorowęglowego.

$$C_2H_5.OH + COCl_2 = CO<\begin{matrix}Cl\\OC_2H_5\end{matrix} + HCl$$

Alkohol dwuatomowy, etylenglikol $CH_2OH — CH_2OH$ z fosgenem tworzy ester kwasu węglowego

$$\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CH_2OH\end{matrix} + COCl_2 = 2HCl + \begin{matrix}CH_2O\\ \\CH_2O\end{matrix}\!\!>CO.$$

T. Kempf badał działanie fosgenu na alkohole aromatyczne. Przy nagrzewaniu w zalutowanej rurce przy temp. 140—150° 3 cz. kryst fenolu C_6H_5OH i 2 cz. płynnego fosgenu otrzymuje się po destylacji ester chlorowęglowy fenolu $C_6H_5O.CO.Cl$.

Przy działaniu $COCl_2$ na krezol — $C_6H_4CH_3OH$ w tych samych warunkach nie otrzymujemy estrów chlorowęglowych i węglowych ze względu na rozkład tych związków.

Fosgen reaguje z aminami tłuszczowemi i aromatycznemi. Z drugorzędnemi aminami tłuszczowemi tworzą się moczniki, a z drugorzędnemi aminami aromatycznemi — chlorobezwodniki kwasów karbaminowych.

Przy przepuszczaniu $COCl_2$ do roztopionego chlorowodorku dwu-

metyloaminy, otrzymano destylat o p. wrz. 165°, chlorek dwumetyloaminokarbonilu

$$(CH_3)_2\,NH.HCl + COCl_2 = (CH_3)_2\,N.COCl + 2HCl$$

Działając na otrzymany związek hydroksylaminą otrzymujemy dwumetylooksymocznik

$$(CH_3)_2\,N\,.\,CO\,.\,Cl + NH_2OH = CO<^{N(CH_3)_2}_{NH\,.\,OH} + HCl$$

Przy działaniu fosgenu na hydroksylaminę w rozczynie ługowym otrzymujemy kwas oksykarbaminowy

$$COCl_2 + H_2O + NH_2OH = 2HCl + {}^{COOH}_{NHOH}$$

Fosgen z aniliną daje związek fenilizocjanat (karbanil)

$$2C_6H_5NH_2 + COCl_2 = CO<^{NH\,.\,C_6H_5}_{NH\,.\,C_6H_5} + 2HCl$$

$$CO<^{NHC_6H_5}_{NHC_6H_5} + COCl_2 = 2CO\,NC_6H_5\,2HCl$$

Przy otrzymywaniu karbonilu tworzy się przejściowy produkt dwufenilomocznik, przy którego sulfowaniu otrzymujemy kwas sulfanilowy $C_6H_4.NH_2.SO_3H$, mający zastosowanie w farbiarstwie.

Przy nagrzewaniu płynnego fosgenu z benzaldehydem w zalutowanej rurce przy temp. 120—130° otrzymuje się chlorek benzylidenu.

$$C_6H_5\,COH + COCl_2 = CO_2 + C_6H_5\,CHCl_2$$

Nagrzewając płynny fosgen z kwasem octowym przy temp. 110—120° wytwarza się chlorek acetylu

$$CH_3\,COOH + COCl_2 = CH_3.COCl + CO_2 + HCl$$

W danym wypadku fosgen reaguje, jak PCl_3.

Fosgen może być wykorzystany przy produkcji czterochlorku węgla CCl_4, mającego zastosowanie, jako doskonały rozpuszczalnik tłuszczów, przy wulkanizacji kauczuku i t. d.

Celem otrzymania CCl_4 z fosgenu, przepuszczają fosgen przez rozżarzony koks, węgiel zwierzęcy, lub pumeks, przyczem fosgen rozkłada się na CCl_4 i CO_2.

$$2COCl_2 = CCl_4 + CO_2.$$

Fosgen ma duże zastosowanie przy produkcji barwników.

Jeżeli na fosgen podziałamy dwumetyloaniliną, to wytwarza się czterometyloparadwuamidobenzofenon tak zwany keton - Michlera

$$CO<\begin{matrix}Cl + H <\!\!=\!\!> N(CH_3)_2 \\ Cl + H <\!\!=\!\!> N(CH_3)_2\end{matrix} = CO<\begin{matrix}C_6H_4N(CH_3)_2 \\ C_6H_4N(CH_3)_2\end{matrix} + 2HCl$$

z którego otrzymujemy następujące barwniki:

1) *Auramine.* Przy nagrzewaniu do 200° ketona Michlera z czterochlorkiem amonu NH_4Cl i suchym chlorkiem cynku

$$CO<\begin{matrix}C_6H_4N(CH_3)_2 \\ C_6H_4N(CH_3)_2\end{matrix} + NH_4Cl =$$

$$\begin{matrix} & H & & \\ & | & & \\ H\,. & N & = C<\begin{matrix}C_6H_4N(CH_3)_2 \\ C_6H_4N(CH_3)_2\end{matrix} & + H_2O \\ & | & & \\ & Cl & & \end{matrix}$$

2) *Fiolet krystaliczny.* Przy działaniu dwumetyloaniliny na keton Michlera

$$\begin{matrix} & \diagup C_6H_4N(CH_3)_2 \\ COH & \\ | & \diagdown C_6H_4N(CH_3)_2 \\ | & \\ C_6H_4 - N<\begin{matrix}CH_3 \\ CH_3\end{matrix} & \end{matrix}$$

3) *Błękit Wiktorja.* Z ketonu Michlera i fenilo—α—naftilaminy.

$$\begin{matrix} C<\begin{matrix}C_6H_4N(CH_3)_2 \\ C_6H_4N(CH_3)_2\end{matrix} \\ \| \\ C_{10}H_6 = N.C_6H_5 \end{matrix}$$

O-fenilodjamina z fosgenem daje fenilomocznik

$$C_6H_4(NH_2)_2 + COCl_2 = C_6H_4<\begin{matrix}NH \\ NH\end{matrix}>CO$$

Fosgen również ma zastosowanie przy wyrobie preparatów farmaceutycznych.

Przy nagrzewaniu fenolatu sodu, salicylanu sodu i fosgenu otrzymuje się salol, mający zastosowanie w terapji przy leczeniu reumatyzmu, newralgji i t. p.

$$C_6H_5ONa + \underset{\underset{OH}{|}}{C_6H_4}COONa + COCl_2 =$$

$$\underset{\displaystyle OH}{C_6H} \, COOC_6H_5 + 2NaCl + CO_2$$

Działając fosgenem na zasadowy rozczyn gwajakolu

$C_6H_4 < {OH \atop OCH_3}$ otrzymujemy ester węglowy gwajakolu duotal

$$CO < {O . C_6H_4 . OCH_3 \atop O . C_6H_4 . OCH_3}$$

Duotal przedstawia biały proszek bez zapachu i smaku, o p. top. 80—90°. Duotal stosuje się w terapji, przy leczeniu chorób płucnych.

Fosgen pod względem fizjologicznego działania na organizm ludzki, lub zwierzęcy zalicza się do grupy gazów duszących. Nieduże jego ilości już powodują podrażnienie dróg oddechowych, nosa, gardła i oczu, w konsekwencji czego powstaje nieznośny ból w tych organach. W pierwszym momencie działanie fosgenu na organizm nawet w większych stężeniach nie powoduje tego stanu nerwowego niepokoju, jaki daje się zauważyć przy działaniu chloru.

Tylko po upływie pewnego czasu — 2 minut przy stężeniu fosgenu, powodującem zabicie organizmu zwierzęcego w pół godziny, dają się zaobserwować symptomaty niepokoju. Symptomaty zatrucia fosgenem są następujące: uszkodzenie błony śluzowej, wyściełającej wewnętrzną powierzchnię płuc i dróg oddechowych, wskutek oparzenia. Błona ta wydziela śluz przesycony powietrzem i tworzy się gęsta piana, która stopniowo zapełnia wszystkie komórki płuc i uniemożliwia oddychanie.

Poza tem następuje bolesne i gwałtowne podrażnienie nerwu, regulującego proces oddechowy, wskutek czego powstaje silny i nie dający się powstrzymać kaszel. Wskutek kaszlu oddech staje się dłuższy i głębszy i w końcu doprowadza do stanu paraliżu, co powoduje, że oddech chwilowo ustaje.

Najmniejsze ilości fosgenu, które czynią żołnierza niezdolnym do walki są: 1 obj. fosg. na 5000 obj. powietrza.

Największe ilości fosgenu, które żołnierz przenosi podczas ataku fosgenowego pozornie bez szkody dla siebie trudno określić, gdyż te ilości fosgenu, które chwilowo organizmowi nie szkodzą, po dłuższym okresie działania powodują poważne zaburzenia w organiźmie, a nawet śmierć.

Celem wywołania szybkiego zabicia organizmu, względnie uniemożliwienia mu przebywania w zatrutej atmosferze, potrzebne są dwa razy większe ilości fosgenu, niż chloru, jednakże ze względu na ciężkie następstwa zatrucia fosgenem, które występuje po pewnym czasie, fosgen jest o wiele więcej niebezpieczny od chloru.

Kpt. Inż. SMIŚNIEWICZ TADEUSZ.

O SMARACH DO LUF KARABINOWYCH.

I. CEL PRACY.

Badanie nad zużyciem broni, oraz konieczność ustalenia najlepszych metod konserwacji tejże, nasunęły mi myśl zbadania, który ze smarów znanych i używanych nadaje się najlepiej do konserwacji luf broni ręcznej i maszynowej.

Działanie smarów na przewody wewnętrzne luf jest trzech rodzajów:

1. **Działanie konserwacyjne** t. zn. zabezpieczenie wewnętrznej powierzchni lufy od działania wpływów zewnętrzych wilgoci, powietrza i temperatury.

Działanie to polega na tem, że smar pokrywa warstwą mniej lub więcej grubą wewnętrzną powierzchnię lufy, izolując ją w ten sposób od działania atmosfery.

2. **Działanie neutralizujące** t. zn. zobojętnienie szkodliwych osadów i gazów, pozostałych w lufie po spaleniu prochu.

Działanie neutralizujące smarów polega na:

a) łączeniu się chemicznem niektórych składników smaru ze szkodliwemi pozostałościami po spaleniu prochu;

b) rozpuszczaniu tych pozostałości prochowych w stosowanym smarze.

3. **Działanie odmiedzające i odniklowujące.** Pociski z płaszczem melchiorowym, miedzianym lub podob. przeciskając się przez lufę,

pozostawiają w lufie niewielki osad z cząsteczek swego płaszcza, powodując t. zw. zamiedzanie, zaniklowywanie przewodu lufy.

Osady miedziowo-niklowe o ile nagromadzą się w większych ilościach, działają szkodliwie na własności balistyczne broni.

O ile więc smar stosowany będzie posiadał własności rozpuszczania w sobie tych osadów, wówczas będzie to jego wielką zaletą.

Z tych trzech punktów widzenia były badane następujące smary:

1) Wazelina żółta.

2) Wazelina amerykańska biała.

3) Olej parafinowy oczyszczony biały.

4) Smar używany w zbrojowni Nr. 4 Kraków.

5) Fuol.

6) Nitrolinol.

7) Balistol.

8) Smar amerykański.

9) Smar niemiecki,

i dla porównania, w podobny sposób badano kb. niesmarowane wcale.

II. METODY BADAWCZE.

A. Badanie działania konserwacyjnego:

Badanie działania konserwującego przeprowadzono na karabinach P. F. K. zupełnie czystych. A mianowicie przez lufę suchą i czystą przeciągano dwukrotnie kwaczem nasyconym jednym z badanych smarów. Każdym smarem smarowano trzy karabiny, by następnie brać wynik średni. Tak posmarowane karabiny pozostawiono na pewien czas, poczem dalej opisanym sposobem usuwano rdzę z lufy i oznaczano na drodze chemicznej ilości wyciągniętego żelaza, względnie też miedzi. Przeprowadzono dwie zasadnicze grupy doświadczeń. A mianowicie: badano stan posmarowanych różnemi smarami karabinów po tygodniowym i po trzymiesięcznym okresie stania w magazynie broni Komisji Doświadczalnej Centralnej Szkoły Strzelniczej w Toruniu. Magazyn ten znajduje się w obszernej sali o trzech oknach na drugim piętrze budynku koszarowego, jest więc suchy, lecz wrażliwy na wpływy temperatury zewnętrznej.

B. Badanie działania neutralizującego.

Badanie działania neutralizującego przeprowadzono na karabinach czystych, z których oddano szybko 10 strzałów amunicją łado-

waną prochem szwedzkim „Nobelkrut". Po oddaniu serji strzałów przetarto lekko lufę karabinu suchym kwaczem z pakuł, przeciągając kwaczem raz jeden tam i z powrotem. Po tym zamieceniu lufy wzięto inny taki kwacz i nasycono go mocno badanym smarem i przeciągnięto nim lufę raz jeden tam i z powrotem. Po takiem zamieceniu i posmarowaniu lufa bynajmniej nie była czysta, większość osadów prochowych w niej pozostała. W ten sposób każdym smarem smarowano trzy karabiny. Tak posmarowane karabiny pozostawiano w magazynie broni pewien czas, poczem czyszczono karabiny w sposób opisany dalej i oznaczano wyciągniętą z lufy rdzę, miedź ewent. nikiel i z trzech karabinów brano wynik średni.

Przeprowadzono trzy zasadnicze grupy doświadczeń, a mianowicie — jedną grupę karabinów badano po tygodniowym stanie ze smarem, drugą po dwóch tygodniach i trzecią po dwóch miesiącach, by ocenić lepiej wpływ czasu na tworzenie się rdzy.

C. Badanie działania odmiedzającego i odniklowującego.

Specjalnych prób nie przeprowadzono, jedynie przy próbach na neutralizację badano również czy prócz rdzy wyciągniętej z lufy znajduje się wraz z nią miedź i nikiel.

D. Wyciąganie rdzy i osadów z lufy.

Pierwszym warunkiem, od którego zależy wartość całej pracy jest taki sposób wydobycia resztek smaru z lufy wraz z rdzą, aby prócz tych ciał nie wyciągnięto przez ścieranie metalicznych cząsteczek żelaza z lufy. Nadto oczywiście wszystkie środki użyte do czyszczenia lufy nie mogą w sobie zawierać żelaza i miedzi, z wyjątkiem wycioru, który musi być stalowy i niezardzewiały. A więc do wyciągania rdzy wraz ze smarem z lufy używano waty hygroskopijnej białej i wazeliny amerykańskiej białej.

Postępowano w sposób następujący: najpierw wyciągano resztki smaru wraz z rdzą kwaczem z waty, nasyconej wazeliną białą i powtarzano to dwukrotnie, poczem czyszczono suchemi kwaczami z waty, dopóki lufa nie była zupełnie czysta, jak przed doświadczeniem. Kwacze, wraz z zawartemi w nich rdzą, osadami i smarami poddawano dalej analizie chemicznej, która będzie opisana dalej.

E. Analiza chemiczna i oznaczenie wyciągniętej z lufy rdzy, miedzi i ewent. niklu.

1. Rozpuszczanie rdzy i osadów, znajdujących się w kwaczach. Zużyte kwacze z jednego karabinu wkładano do zlewki ze szkła je-

najskiego, nalewano na nie 100 do 150 cm^3 kwasu solnego, 2/1 normalnego i gotowano przez 20 minut, stale mieszając pałeczką szklaną. Następnie roztwór otrzymany oddziela się przez sączenie i wielokrotne przemywanie wodą gorącą aż do zaniku reakcji barwnej na żelazo z rodankiem potasu. W roztworze otrzymanym będzie się znajdowało żelazo z rdzy, a następnie ewent. miedź i nikiel.

2. Oznaczenie żelaza:

a) wagowo. Otrzymany przesącz zagotowano i podczas gotowania dodawano kilka kropel kwasu azotowego d = 1,4. Po częściowem ochłodzeniu do temperatury około 80^0 strącano wodorotlenek żelaza zapomocą amoniaku 25%. Po odstaniu osadu sączy się, przemywa kilkakrotnie (8 razy) wodą zamoniakalizowaną. Osad wraz z sączkiem suszy się, spala i praży w zważonym tygielku porcelanowym w t^0 około 1000^0 C. przez godzinę. Po ostygnięciu tygielka w eksykatorze do temperatury pokojowej waży się na wadze analitycznej i z różnicy wagi oznacza się ilość żelaza wyciągniętego w formie rdzy z lufy kb.

b) miareczkowo. O ile chciano oznaczyć żelazo miareczkowo, wówczas otrzymany osad wodorotlenku żelaza, po przemyciu rozpuszczano na sączku do kolby litrowej Erlenmeyera, kwasem solnym gorącym 18%. Roztwór zagotowywano i dodawano stopniowo kroplami roztworu nasyconego chlorku cynawego aż do odbarwienia. Następnie chłodzono do temperatury pokojowej i dodawano 50 cm^3 nasyconego roztworu sublimatu, dalej dodawano 60 cm^3 mieszanki o składzie:

67 gr. siarczanu manganu,
138 cm^3 kwasu fosforowego 1,7 i dopełniano do litra wodą dystylowaną,
123 cm^3 kwasu siarkowego 1,84.

Po dobrem zmieszaniu wszystkiego w kolbie, oznaczono żelazo przez miareczkowanie nadmanganianem potasu 1/40 normalnym.

3. Oznaczenie miedzi: Ilość miedzi wyciągnięta z jednego kb. jest zwykle b. niewielka, aby więc ją oznaczyć, łączono przesącze otrzymane po oddzieleniu żelaza z trzech karabinów (smarowanych tym samym smarem badanym). Przesącze te silnie odparowywano, by odpędzić nadmiar płynu zakwaszano silnie kwasem solnym i na gorąco przepuszczano przez płyn siarkowodór aż do chwili, dopóki płyn zupełnie nie ostygnie. Strącony czarny osad siarczku miedzi suszono, przemywano wodą siarkowodorową z kwasem octowym. Na-

stępnie osad na sączku osusza się i spala na palniku w tygielku porcelanowym pochylonym. Popiół wraz z sączkiem rozpuszcza się w kwasie azotowym 1,12, amoniakalizuje, przesącza ponownie, zakwasza kwasem solnym, zagrzewa i strąca ponownie siarkowodorem aż do ostygnięcia. Osad siarczku miedzi odsącza się na sączku nie dającym popiołu, przemywa wodą siarkowodorową, zakwaszoną lekko kwasem octowym. Osad suszy się cośkolwiek i spala w tyglu porcelanowym zważonym. Spalenie najlepiej przeprowadzać w piecu elektrycznym w temp. około 800°. Po 15 — 20 min. siarczek przejdzie całkowicie w tlenek, który waży się i z przyrostu wagi oznacza się ilość miedzi wydobytej z jednej lufy. Zamiast oznaczać miedź wagowo można to uczynić miareczkowo. Po zamoniakalizowaniu roztworu otrzymanego przez rozpuszczenie siarczku miedzi odpędza się przez gotowanie nadmiar amoniaku i oznacza miedź, mianując aż do odbarwienia roztworem cyanku potasu.

4. Oznaczenie niklu: W roztworze po odsączeniu po raz pierwszy siarczku miedzi pozostał nikiel. Aby go oznaczyć odpędza się przez gotowanie siarkowodór, sączy, amoniakalizuje, i strąca nikiel na gorąco roztworem alkoholowym dimetylglyoximu. Osad sączy się przez zważony i wysuszony tygiel Gootcha. Osad przemywa się 15 razy wodą gorącą dystylowaną, suszy w 115° i waży. Z przyrostu wagi oznacza się ilość niklu. Ze względu na niewielkie ilości niklu tę metodę stosowano niewielką ilość razy, gdyż wprost z ilości miedzi można oznaczać ilość niklu, która równa się około 15—20% ilości miedzi. Zwykle oznaczano nikiel tylko jakościowo zapomocą reakcji barwnej ze starym siarczkiem amonu, który wywołuje w roztworze amoniakalnym bronzowe zabarwienie.

III. WYNIKI BADAŃ.

1) Uwagi ogólne.

W czasie badań zauważono, że na wyniki wywiera wielki wpływ stan lufy karabinowej. Między innemi przeprowadzono próbę na 30-tu starych zniszczonych karabinach niemieckich, których przewody luf były silnie pokryte rakami. Tych karabinów nie można było doczyścić i stąd wyniki otrzymane były o wiele większe i dla tego nie można ich przyjąć za miarodajne, gdyż przy zbyt silnem czyszczeniu wyciągano nietylko rdzę, ale również częściowo żelazo, pochodzące ze ścierania lufy. Na ilość rdzy wywiera również wpływ gatunek pro-

chu. W tym celu przeprowadzono doświadczenia nad 5-ma gatunkami prochu i wykazały one różnice w ich działaniu żrącem. Do badań systematycznych wybrano średnio żrący proch szwedzki „Nobelkrut".

2) Badanie działania konserwującego.

a) Próba tygodniowa:

L. p.	Rodzaj smaru	Ilość średn. żelaza wydobyta z rdzy w gr. z jedn. kb.	Ilość badanych karabinów	Kolejność dobroci	Ilość pt.
1.	Olej parafinowy	0,00249	6	I	1
2.	Balistol	0,00356	9	II	2
3.	Wazelina zwykła żółta . . .	0,00391	9	III	3
4.	Smar amerykański *)	0,00406	9	IV	4
5.	„ zbrojowni Nr. 4 Kraków .	0,00464	9	V	5
6.	„ niemiecki *)	0,00541	6	VI	6
7.	Fuol	0,00559	9	VII	7
8.	Kb. niesmarowane	0,00660	6	VIII	8
9.	Nitrolinol	0,00729	9	IX	9
10.	Wazelina biała amerykańska .	0,00743	9	X	10

UWAGA *):

Skład chemiczny smarów amerykańskiego i niemieckiego:

Smar amerykański:

Olej rycynowy . . . . 39 części objęt.
Nitrobenzol . . . . 1,5 „ „
Nafta . . . . 26,0 „ „
Octan etylu . . . . 3,0 „ „
Alkohol absolutny . . . . 28,0 „ „
Amonjak w ilości niezbędnej do neutralizacji:

Smar niemiecki:

Kwasów tłuszczowych	100	części	objęt.
Amonjaku c. wł. 0,910	20	„	„
Alkoholu amylowego	30	„	„
Wazeliny zwykłej	10	„	„
Płynnej parafiny	400	„	„

i trochę lekkiej benzyny do rozpuszczania wazeliny.

b) Próba trzymiesięczna:

L. p.	Rodzaj smaru	Ilość średn. żelaza wydobyta z rdzy z 1 kb.	Ilość badanych karabinów	Kolejność dobroci	Ilość punktów przy mnożniku = 3
1.	Olej parafinowy	0,01097	3	X	30
2.	Balistol	0,00313	3	I	3
3.	Wazelina zwykła	0,00395	6	II	6
4.	Smar amerykański	0,00485	6	IV	12
5.	Zbrojownia Nr. 4	0,00538	6	V	15
6.	Smar niemiecki	0,00819	3	VIII	24
7.	Fuol	0,00575	6	VI	18
8.	Kb. niesmarowane	0,01083	3	IX	27
9.	Nitrolinol	0,00630	6	VII	21
10.	Wazelina biała amerykańska .	0,00410	6	III	9

Ponieważ właściwsze do oceny działania konserwującego są wyniki osiągnięte po trzech miesiącach, a więc celem ustalenia kolejności dobroci badanych smarów ze względu na ich działanie konserwujące, kolejność uzyskaną przy badaniu trzymiesięcznem mnoży się przez trzy i dodaje do kolejności uzyskanej przy badaniu tygodniowem. Smar, który osiągnie wówczas najmniej punktów, będzie można uważać za najlepszy do konserwacji broni.

W ten sposób sklasyfikowane działanie konserwujące smarów przedstawia się jak następuje:

Balistol	punktów	5	miejsce	I
Wazelina zwykła	„	9	„	II
Smar amerykański	„	16	„	III
Wazelina biała amerykańska .	„	19	„	IV
Smar Zbrojowni Nr. 4	„	20	„	V
Fuol	„	25	„	VI
Smar niemiecki	„	27	„	VII
Nitrolinol	„	30	„	VIII
Olej parafinowv	„	31	„	IX
Kb. niesmarowane	„	35	„	X

Wniosek: o ile więc mamy balistol, wówczas można polecić stosować go do konserwacji, a w następnej kolei idzie już zwykła i tania wazelina żółta. Wszelkie inne smary ustępują tym dwom co do swej zdolności konserwacyjnej.

3. Działanie neutralizujące.

a) Próba tygodniowa:

L. p.	Rodzaj smaru	Średn. ilość żelaza wydobytego z rdzy z 1 kb.	Ilość badanych kb.	Kolejność dobroci	Ilość pkt. przy mnożniku = 1
1.	kb. niesmarowane.	0,02166*)	6	X	10
2.	Wazelina zwykła	0,01001	6	IV	4
3.	„ biała amerykańska .	0,01840	6	IX	9
4.	Olej parafinowy	0,01430	6	VII	7
5.	Balistol	0,00915	6	II	2
6.	Smar amerykański	0,00979	9	III	3
7.	„ niemiecki	0,01078	6	V	5
8.	Fuol	0,01647	9	VIII	8
9.	Nitrolinol	0,01300	9	VI	6
10.	Smar Zbrojowni Nr. 4 Kraków	0,00902	9	I	1

*) Wyniki osiągnięte w jednym tygodniu neutralizacji są gorsze niż w dwóch, gdyż jedna partja 30 karabinów użytych do doświadczenia były to stare, zniszczone rakowate karabiny niemieckie, które dały wyniki wybitnie gorsze od normalnych.

b) Próba dwutygodniowa:

L. p.	Rodzaj smaru	Średn. ilość żelaza wydobytego z rdzy z 1 kb.	Ilość badanych kb.	Kolejność dobroci	Ilość punktów przy mnożniku=2 *)
1	Kb. niesmarowane	0,01654	3	X	20
2	Wazelina zwykła	0,00597	3	II	4
3	„ biała amerykańska.	0,00749	3	IV	8
4	Olej parafinowy	0,01001	3	IX	18
5	Balistol	0,00532	3	I	2
6	Smar amerykański	0,00957	3	VII	14
7	„ niemiecki	0,00705	3	III	6
8	Fuol	0,00813	3	V	10
9	Nitrolinol	0,00875	3	VI	12
10	Smar Zbrojowni Nr. 4 . . .	0,00987	3	VIII	16

*) Doświadczenie dwutygodniowe było przeprowadzone nie dla poszczególnych smarów oddzielnie jak w doświadczeniu tygodniowem, lecz odrazu dla wszystkich smarów na partji 30 kb., które były dostatecznie czyste i nowe. Te dwa czynniki nadają temu doświadczeniu charakter więcej miarodajny, niż doświadczeniu tygodniowemu. Wobec czego mnożnik dla tego doświadczenia podniesiono z 1 na 2.—.

Próba dwumiesięczna:

L. p.	Rodzaj smaru	Średn. ilość żelaza wydobytego z rdzy z 1 kb.	Ilość badanych kb.	Kolejność dobroci	Ilość punktów przy mnożniku=3 *)
1	Kb. niesmarowane.	0,01193	3	X	30
2	Wazelina zwykła	0,00593	3	III	9
3	„ biała amerykańska.	0,00768	3	VI	18
4	Olej parafinowy	0,01075	3	IX	27
5	Balistol	0,00513	3	I	3
6	Smar amerykański	0,00608	3	IV	12
7	„ niemiecki.	0,00573	3	II	6
8	Fuol.	0,00827	3	VIII	24
9	Nitrolinol	0,00806	3	VII	21
10	Smar Zbrojowni Nr. 4 . . .	0,00626	3	V	15

*) Mnożnik podniesiono do 3-ch ze względu na dłuższy czas doświadczenia, który lepiej charakteryzuje smar niż w wypadkach poprzednich (1 i 2 tyg.), gdyż uwidocznia lepiej jego działanie nietylko neutralizujące lecz konserwujące i żrące.

Oznaczenie dobroci działania neutralizującego:

L. p.	Nazwa smaru	Ilość pkt. z doświadczeń 1 tyg.	Ilość pkt. z doświadczeń 2 tyg.	Ilość pkt. z doświadczeń 2 mies.	Suma punktów	Kolejność ostatecznej dobroci
1.	Kb. niesmarowane . . .	10	20	30	60	X
2.	Wazelina zwykła	4	4	9	17	II
3.	„ biała ameryk. .	9	8	18	35	VI
4.	Olej parafinowy	7	18	27	52	IX
5.	Balistol	2	2	3	7	I
6.	Smar amerykański . . .	3	14	12	29	IV
7.	„ niemiecki.	5	6	6	17	III
8.	Fuol	8	10	24	42	VIII
9.	Nitrolinol	6	-12	21	39	VII
10.	Smar Zbrojowni Nr. 4 . .	1	16	15	32	V

Wniosek: „Balistol" znowu wysuwa się na pierwsze miejsce z pomiędzy smarów badanych ze względu na swe działanie neutralizujące. Zaraz po nim idą tania zwykła wazelina żółta i droższy znacznie smar niemiecki. Dalej niezłe wyniki dają smary amerykańskie i smar Zbrojowni Nr. 4 Kraków.

4. Działanie odmiedzające.

Badania działania odmiedzającego były prowadzone dorywczo; wyniki osiągnięte, ujęte są w tablicy (str. 343).

Pomimo dorywczego charakteru prób możliwe jest stwierdzić pewne fakty, które są niewątpliwe. A mianowicie: że przy każdem czyszczeniu karabinu wraz z osadami z lufy wyciąga się cośkolwiek osadów miedzianych. Dzieje się to skutkiem zwykłego ścierającego działania kwacza. Każda lufa karabinowa, która była choć cośkolwiek strzelana, wykaże obecność choć niewielkich osadów miedziowo-niklowych *). Wreszcie z pomiędzy różnych smarów używanych

---

*) Wykrycie obecności osadów miedziowych i niklowych w lufie jest nadzwyczaj łatwe. A mianowicie: wystarczy kwaczem z waty zwilżonej w stężonym amonjaku, przetrzeć parokrotnie lufę. O ile wata wyjdzie zabarwiona na niebiesko, dowodzi to istnienia osadów miedziowych, a także możliwość niklowych. Gdyby były wielkie osady niklowe, wówczas wata zabarwi się na kolor zielony. Kolor niebieski maskuje kolor zielony niklu. Dokładne wykrycie niklu wymaga zastosowania analizy chemicznej (wycior musi być stalowy).

do luf można zauważyć, że niektóre z pomiędzy nich odznaczają się dość dużą siłą rozpuszczającą osady miedziowo-niklowe. Jak widać z powyższej tablicy, balistol jest najlepszym smarem odmiedzającym i odniklowującym.

Następnie idzie nitrolinol, smary amerykański i niemiecki fuol. Ale co jest dla nas najważniejsze, że wazelina zwykła żółta również posiada zdolności odmiedzające.

L. p.	Nazwa smaru	Ilość gr. miedzi średnio wydobyta z 1 karabina							
		Konserwacja			Neutralizacja				
		1 tydz.	1 tydz. bis	3 miesiące	1 tydz. kb. stare zniszczone	1 tydz. kb. nowe P. F. K.	1 tydz. bis	2 tyg.	2 miesiące
1	Kb. niesmarowane .	ślady	0	0	ślady	—	—	ślady	—
2	Wazelina zwykła .	0	—	—	„	—	—	—	0,0027
3	„ biała . :	—	0,0016	—	„	0,0053	—	—	ślady
4	Olej parafinowy . .	—	—	—	0	0,0009	—	—	„
5	Balistol	0,0023	0.0026	—	0,0063	0,0075	0,0049	—	0,0057
6	Smar amerykański .	0,0014	0.0034	0.0035	0,0037	0,0008	0,0035	—	0,0041
7	„ niemiecki . .	—	0,0022	0,0035	0,0022	—	0,0038	—	0,0043
8	Fuol	—	—	0,0012	0.0032	0,0013	0,0044	—	0,0049
9	Nitrolinol	—	0,0046	0,0078	0,0046	—	0,0053	b. dużo*)	ślady
10	Smar Zbrojowni Nr. 4	—	0,0013	0,0013	ślady	0,0024	0,0013	ślady	„

WNIOSKI OSTATECZNE.

Jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, najlepiej nadaje się do konserwacji luf smar patentowany „Balistol". Jedynie tylko jego wysoka cena 7,50 zł. za małą buteleczkę, pojemności 100 cm^3 czyni jego zastosowanie na większą skalę niemożliwem. Natomiast stosowanie balistolu można polecić sportowcom, chcącym dobrze swą broń konserwować. Dla konserwacji karabinów wojskowych w oddziałach, a zwłaszcza w magazynach szczególnie nadaje się zwykła wazelina żółta, spełniająca ściśle warunki przewidziane w prze-

*) W doświadczeniu dwutygodniowem oznaczono miedź tylko jakościowo zapomocą reakcji barwnej z żelazo-cyankiem potasu. W wypadku nitrolinolu otrzymano silny osad żelazo-cyanku miedziowego.

pisach odbiorczych. W oddziałach, gdzie broń dużo pracuje, możnaby polecić stosowanie do karabinów smarów amerykańskiego i niemieckiego, które dobrze neutralizują osady prochowe, działając nadto odmiedzająco i odniklowująco. Przytem stosowanie tych smarów winno odbywać się metodycznie. A mianowicie, po strzelaniu należy lufę przetrzeć kilkakrotnie suchym, lecz niezbyt wielkim kwaczem, a następnie dobrze posmarować smarem amerykańskim lub niemieckim. Smarować należy niewielkim, dobrze wyrównanym zwykłym kwaczem z pakuł konopnych, silnie nasyconym danym smarem. O ile karabin po strzelaniu ma stać dłuższy czas, wówczas po 3-ch — 4-ch dniach należy przetrzeć karabin na sucho i posmarować ponownie wazeliną zwykłą, która bezsprzecznie jest najlepszym środkiem konserwującym.

Podobnie jak z karabinami ręcznemi należy postępować z lufami karabinów maszynowych. Polecając w tym wypadku i dla celów neutralizacji smar niemiecki, cośkolwiek silniejszy niż amerykański, lub gdy chodzi o energiczniejsze działanie odmiedzające (rkm. chłodzone powietrzem), polecić można Nitrolinol, który w tym względzie jest smarem działającym najsilniej. Oczywiście po 3 — 4 dniach należy usunąć z lufy smar neutralizujący i odmiedzający i zastąpić go wazeliną zwykłą. Przy tej sposobności należy zauważyć, że stosowanie wazeliny białej (oczyszczonej i bielonej) jest zupełnie bezcelowe, gdyż wazelina zwykła żółta (odpowiadająca normom przepisanym w armji), nietylko że jest od białej tańsza, lecz i o wiele lepsza. Wielką zaletą wazeliny zwykłej żółtej jest jej duża zdolność zabezpieczenia lufy od wpływów zewnętrznych, połączona ze zdolnościami neutralizującemi i odmiedzającemi. W każdym jednak wypadku, o ile chodzi nam o dobrą konserwację broni, unikać należy czyszczenia luf zapomocą t. zw. szorowania wewnętrznej powierzchni lufy na lustro zapomocą wielkich kwaczów aż do rozgrzania lufy. Ten sposób czyszczenia więcej niszczy lufę przez ścieranie, niż samo strzelanie.

Odnośnie stosowania smarów neutralizujących, to działanie ich konserwacyjne ustępuje zawsze wazelinie zwykłej i dlatego należy po 3 — 4-ch dniach działania smaru neutralizującego usunąć go i zastąpić zwykłą wazeliną.

Siedem tablic dołączonych daje szczegółowe zestawienie wyników poszczególnych doświadczeń.

Całość pracy niniejszej została przeprowadzona w latach 1926—1928 r. w laboratorjum badawczem Komisji Doświadczalnej Centralnej Szkoły Strzelniczej w Toruniu.

Przy tej sposobności wyrażam serdeczne podziękowanie Kierownikowi Komisji Doświadczalnej p. mjr. Dr. Felsztynowi, który zachęcił mnie do powyższej pracy, jak również dziękuję swym pilnym współpracownikom z laboratorjum.

Tab. I. **Wynik 1 tygodniowy**

L. p.	Rodzaj smaru	Numer karabinu 1		2		3	
		Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe
1	Kb. niesmar.	0,0061	0,00427	0,0090	0,00630	0,0165	0,01470
2	Olej Parafinowy	0,0030	0,00210	0,0034	0,00238	0,0053	0,00371
3	Wazelina am. biała	0,0068	0,00476	0,0184	0,01278	0,0196	0,01372
4	Wazelina biała am. bis	0,0102	0,01714	0,0112	0,00784	0,0146	0,01029
5	Fuol	0,0050	0,00350	0,0104	0,00728	0,0132	0,00924
6	Fuol bis	0'0080	0,00560	0,0086	0,00602	0,0110	0,00770
7	Nitrolinol	0,0192	0,01344	0,0198	0,01386	0,0206	0,01442
8	Nitrolinol bis	0.0074	0,00518	0,0100	0,00700	0,0104	0,00728
9	Smar Zbroj. Nr. 4 Kraków	0,0036	0,00252	0,0056	0,00392	0,0058	0.00406
10	Smar Zbroj. Nr. 4. Kraków bis	0,0089	0,00623	0,0091	0,00637	0,0110	0,00770
11	Smar amerykański	0,0044	0,00308	0,0047	0,00329	0,0053	0,00371
12	Smar amerykański bis	0,0064	0,00448	0,0070	0,00490	0,0140	0,00980
13	Smar niemiecki	0,0020	0,00840	0,0122	0,00854	0,0126	0,00882
14	Wazelina zwykła żółta	0,0072	0,00504	0,0080	0,00560	0,0088	0,00616
15	Wazelina zwykła żółta bis	0,0052	0,00364	0,0060	0,00420	0,0062	0,00434
16	Ballistol	0,0020	0,00140	0,0038	0,00226	0,0046	0,00321
17	Ballistol bis	0,0070	0,00490	0,0080	0,00560	zepsuta analiza	

analizy rdzy z luf kb. **(Konserwacja)**

Średni wynik analizy Fe	Średni wynik analizy Niklu	Średni wynik analizy Miedzi	Właściwe numery karabinów	UWAGI
0,00842	—	ślady	2576 —1 13447 —2 2527 —3	Styczeń 27 r. XIII.
0,00273	—	"	2728 —1 3421 —2 3314 —3	Grudzień 26 r. II.
-0,01042	—	0,0016	4334 —1 4593 —2 2000 —3	Marzec 27 r. XVI.
0,00862	—	—	2699 —1 4996 —2 5051 —3	Marzec 27 r. XV.
0,00667	—	—	4334 —1 2000 —2 4593 —3	Październik 26 r. XI.
0,00644	—	—	2447 —1 4432 —2 2399 —3	Kwiecień 27 r. IX.
0,01393	—	0,0046	2897 —1 4086 —2 4952 —3	Marzec 27 r. XVII.
0,00645	—		4687 —1 9568 —2 5025 —3	Czerwiec 27 r. X.
0,00350	—		4855 —1 2287 —2 14974 —3	Marzec 27 r. IV.
0,00677	—	0,0013	9148 —1 14482 —2 9118 —3	Maj 27 r. XII.
0,00336	—	0,0014	4432 —1 2399 —2 2447 —3	Grudzień 26 r. III.
0,00639	—	0,0034	13452 —1 4608 —2 5237 —3	Czerwiec 27 r. VIII.
0,00858	—	0,0022	4996 —1 5051 —2 2699 —3	Marzec 27 r. XIV.
0,00560	—	—	9533 —1 10024 —2 9445 —3	Marzec 27 r. VII.
0,00406	—	—	3421 —1 2728 —2 3314 —3	Kwiecień 27 r. V.
0,00242	—	0,0023	1026 —1 14482 —2 13874 —3	Luty 27 r. I.
0,00525	—	0,0026	13447 —1 1026 —2	Maj 27 r. VI.

Tab. II. **Wyniki analizy smarów do konserwacji broni czas: 1 tydzień konserwacji**

Rodzaj smaru	Nr. kb.	Ilość zużytego K. Mn. 04 do mianow.	Ilość otrzymanego Fe	Średnia Ilość Fe	Średnia Ilość Cu	UWAGI
Kb. niesmarowane	9568 4687 4164	3.2 2.2 —	0.00567 0.00389 —	0.00478	—	X
Ballistol	5025 4486 4608	1.8 1.7 1.6	0.00319 0.00301 0.00283	0.00301	—	VII
Nitrolinol	9298 5025 9522	0.8 0.3 1.4	0.00142 0.00053 0.00248	0.00148	—	I
Fuol	9522 4423 4648	2.1 2.2 1.9	0.00371 0.00389 0.00336	0.00365	—	VIII
Smar amerykański	4423 4164 4544	2.0 1.0 1.1	0.00354 0.00177 0.00195	0.00242	—	V
Smar niemiecki	4520 4391 4527	1.5 1.4 0.9	0.00266 0.00248 0.00159	0.00224	—	III kwiecień
Wazelina zwykła	9390 10024 4648	1.1 1.0 1.4	0.00195 0.00177 0.00248	0.00207	—	II
Wazelina biała	9151 4687 4608	1.8 2.0 1.6	0.00319 0.00354 0.00283	0.00319	—	VI
Smar Zbrojowni 4 Kraków	9568 4138 13452	1.6 2.4 2.2	0.00283 0.00425 0.00389	0.00366	—	IX
Parafin.	4012 5090 5924	1.0 1.1 1.7	0.00177 0.00195 0.00301	0.00224	—	IV

Wyniki badania smarów do konserwacji broni
czas: 1 tydzień neutralizacja. Kb. przestrzeliwane

Tab. IV

Rodzaj smaru	Nr. kb.	Ilość zużytego do mianowania kb	Ilość otrzymanego Fe	Średnia ilość Fe	Średnia ilość Cu	Uwagi
Wazelina biała	6316 1791 389	15.5 15.8 15.0	0.02746 0.02799 0.02658	0.02734	—	X.
Kb. Niesmarowane	2583 5891 8846	9.6 9.6 9.5	0.01701 0.01701 0.01683	0.01695	ślady	IX.
Olej parafinowy	4012 5090 4924	7.9 6.9 10.5	0.01400 0.01223 0.01860	0.01494	—	VI.
Smar Zbrojowni Kraków	7572 4345 2559	4.7 4.3 5.0	0.00832 0.00762 0.00886	0.00827	—	I.
Nitrolinol	1299 2776 8514	6.8 9.2 9.0	0.01205 0.01630 0.01595	0.01477	0.0046	V.
Smar niemiecki	6279 1871 4616	8.5 8.0 5.9	0.01506 0.01417 0.01045	0.01323	0.0022	II.
Smar amerykański	3088 1992 2234	7.3+0.7 8.2+0.7 12.4+0.07	0.01417 0.01577 0.02096	0.01693	0.0037	VIII.
Fuol	6421 7123 2306	11.0 6.3 8.3	0.01949 0.01116 0.01471	0.01512	0.0032	VII.
Wazelina zwykła	3041 1008 4870	7.6 7.2 8.0	0.01347 0.01276 0.01417	0.01347	—	III.
Ballistol	1805 6701 8202	5.8 7.4 9.9	0.01028 0.01311 0.01754	0.01364	0.0063	IV.

Kb. n-ry stare, lufy pokryte wewnątrz rakami — b. trudno doczyścić.

Tab. III. **Wynik 3 miesięcznej**

L. p.	Rodzaj smaru	Numer karabinu 1		2		3	
		Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe
1	Kb. niesmar.	0,0126	0,00882	0,0162	0,01134	0,0176	0,01232
2	Olej parafin.	0,0132	0,00924	0,0134	0,00938	0,0204	0,01428
3	Wazelina biała	0,0060	0,00420	0,0073	0,00511	0,0092	0,00644
4	Wazelina biała amer. bis	0,0040	0,00280	zepsuta analiza		0,0044	0,00308
5	Fuol	0,0068	0,00476	0,0128	0,00896	0,0135	0,00945
6	Fuol bis	0,0052	0,00364	0,0054	0,00378	0,0056	0,00392
7	Nitrolinol	0,0060	0,00420	0,0106	0,00742	0,0156	0,01092
8	Nitrolinol bis	0,0056	0,00392	0,0068	0,00476	0,0090	0,00630
9	Smar Zbroj. Nr. 4 Kraków	0,0060	0,00420	0,0070	0,00490	0,0081	0,00567
10	Smar Zbroj. Nr. 4 Kraków bis	0,0070	0,00490	0,0086	0,00602	0,0094	0,00658
11	Smar amerykański	0,0062	0,00434	0,0086	0,00592	0,0115	0,00805
12	Smar amerykański bis	0,0036	0,00252	0,0040	0,00280	0,0055	0,00385
13	Smar niemiecki	0,0096	0,00672	0,0106	0,00742	0,0149	0,01043
14	Wazelina żółta zwykła	0,0024	0,00168	zepsuta analiza		0,0031	0,00217
15	Wazelina żółta zwykła bis	0,0084	0,00588	0,0086	0,00602	0,0086	0,00602
16	Ballistol	0,0130	0,00910	0,0170	0,01190	0,0186	0,01302
17	Ballistol bis	0,0036	0,00252	0,0048	0,00336	0,0050	0,00350

analizy rdzy z luf kb. **(Konserwacja)**

Średni wynik analizy Fe	Średni wynik analizy Niklu	Średni wynik analizy Miedzi	Właściwy numer karabinu	UWAGI
0,01083	—	—	13447 —1 2527 —2 2576 —3	Styczeń, kwiecień 27 r. Kb. czyszczone wodorotlenkiem sodu $^{2}/_{1}$ norm. XV.
0,01097	—	—	2728 —1 3421 —2 3314 —3	Grudzień 26 r. Marzec 27 r. XVI.
0,00525	—	—	2000 —1 4334 —2 4593 —3	Marzec 27 r. Brózdy luf matowe Czerwiec 27 r. trudno doczyścić VIII.
0,00294	—	--	2699 —1 4996 —2 5051 —3	Kwiecień 27 r. Lipiec 27 r. II.
0,00772	—	0,0012	2000 —1 4334 —2 4593 —3	Listopad 26 r. Marzec 27 r. XIII.
0,00378	—	—	2399 —1 4432 —2 2447 —3	Kwiecień 27 r. Listopad 27 r. V.
0,00731	—	—	2897 —1 4952 —2 4086 —3	Marzec 27 r. Czerwiec 27 r. XII.
0,00429	—	0,0018	4687 —1 9568 —2 5025 —3	Czerwiec 27 r. Wrzesień 27 r. VI.
0,00492	—	0,0013	2287 —1 10024 —2 4855 —3	Marzec 27 r. Czerwiec 27 r. VII.
0,00583	—	—	9148 —1 14482 —2 9218 —3	Maj 27 r Sierpień 27 r. IX.
0,00613	—	0,0035	2399 —1 4432 —2 2447 —3	Grudzień 27 r. Marzec 27 r. XI.
0,00356	—	—	13452 —1 4608 —2 5237 —3	Grudzień 26 r. Marzec 27 r. IV.
0,00819	—	0.0035	5051 —1 2699 —2 4996 —3	Kwiecień 27 r. Lipiec 27 r. XIV.
0,00193	—	—	9539 —1 10024 —2 9445 —3	Marzec 27 r. Czerwiec 27 r. I.
0,00597	—	—	3314 —1 3421 —2 2728 —3	Kwiecień 27 r. Lipiec 27 r. X.
0,01134			13874 —1 1026 —2 14482 —3	Luty 27 r. Maj 27 r. XVII.
0,00313			4909 —1 1026 —2 13447 —3	Maj 27 r. Sierpień 27 r. III.

Tab. V. **Wyniki 1-tygodniowej**

L. p.	Rodzaj smaru	Numer karabinu 1		2		3	
		Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe	Fe_2O_3	Fe
1	Kb. niesmar.	0.0211	0.01477	0.0230	0.01610	0.0258	0.01706
2	Parafina olej paraf.	0.0186	0.01302	0.0188	0.01316	0.0212	0.01485
3	Wazelina ameryk. biała	0.0200	0.01400	0.0214	0.01498	0.0332	0.03060
4	Fuol I	0.0138	0.00965	0.0312	0.02182	0.0368	0.02574
5	Fuol bis	0.0154	0.01078	0.0226	0.01582	0.0272	0.01904
6	Nitrolinol I	0.0130	0.00910	0.0218	0.01538	0.0237	0.01659
7	Nitrolinol bis	0.0146	0.01022	0.0152	0.01064	0.0154	0.01078
8	Smar Zbroj. Nr. 4 Kraków	0.0062	0.00434	0.0070	0.00490	0.00140	0.00980
9	Zbroj. 4 Kraków bis	0.0164	0.01148	0.0190	0.01330	0.0197	0.1379
10	Smar ameryk.	0.0044	0.00308	0.0073	0.00511	0.0088	0.00616
11	Smar ameryk. bis	0.0090	0.00630	0.0112	0.00784	0.0124	0.00868
12	Smar niemiecki	0.0088	0.00616	0 01050	0.01050	analiza	zepsuta
13	Wazelina żółta	0.0090	0.00630	0.0091	0.00637	0.0100	0.00700
14	Ballistol I	0.0048	0.00336	0.0072	0.00504	0.0080	0.00560

analizy rdzy z luf kb. **(Neutralizacja)**

Średni wynik analizy Fe	Średni wynik analizy Niklu	Średni wynik analizy Miedzi	Właściwe numery kb	U W A G A	
0.01598	—	—	1276—1 2527—2 13447—3	Styczeń 1927 r.	XIII.
0.01367	—	0.0009	33141—1 2728—2 3421—3	Marzec 1927 r.	X.
0.01986	—	0.0053	4593—1 2000—2 4334—3	Marzec 1927 r.	XV.
0.01907	—	0.0013	4334—1 2000—2 4593—3	Październik 1927 r.	XIV.
0.01522	—	0.0044	2399—1 2447—2 4432—3	Kwiecień 1927 r.	XII.
0.01369	—	—	4952—1 2897—2 4086—3	Marzec 1927 r.	XI.
0.01055	—	0.0053	9568—1 4687—2 5025—3	Maj 1927 r.	VIII.
0.00634	—	0.0024	4855—1 2287—2 14974—3	Marzec 1927 r.	IV.
0.01246	—	0.0013	9118—1 14482—2 9148—3	Maj 1927 r.	IX.
0.00478	—	0.0008	2399—1 4432—2 2447—3	Grudzień 1926 r.	III.
0.00766	—	0.0035	4608—1 13452—2 5237—3	Maj 1927 r.	VI.
0.00833	—	0.0038	5051—1 2728—2	Grudzień 1926 r.	VII.
0.00656	—	—	9533—1 10024—2 9445—3	Marzec 1927 r.	V.
0.00466	0,0012	0.0075	14482—1 1026—2 13674—3	Luty 1927 r.	II.

Wyniki 2-u tygodniowej analizy rdzy z lufy kb.

Tab. VI. (Neutralizacja)

L. p.	Rodzaj smaru	Numer karabinu 1 Fe_2O_3	1 Fe	2 Fe_2O_3	2 Fe	3 Fe_2O_3	3 Fe	Średni wynik analizy Fe	Średni wynik analizy Niklu jako	Miedzi ściowa	Właściwe numery kb	Uwagi
1	Kb. niesmarowane	0.0126	0.00882	0.0170	0.01190	0.0413	0.02891	0.01654	Nie sprawdzano	ślady	5011—1 4520—2 4486—3	Styczeń 1928 r. X. Wilgotność wahająca się 63 — 99
2	Olej parafinowy	0.0112	0.00784	0.0120	0.10840	0.0197	0.01379	0.01001		—	3314—1 4952—2 13452—3	— IX.
3	Wazelina biała ameryk.	0.0070	0.00490	0.0108	0.00756	0.286	0.02002	0.00749		—	4534—1 5025—2 2728—3	— IV.
4	Fuol	0.0074	0.00518	0.0074	0.00518	0.0202	0.01414	0.00813		—	2699—1 2897—2 2699—3	— V.
5	Nitrolinol	0.0100	0.00700	0.0122	0.00854	0.0153	0.01071	0.00875		b. dużo	5051—1 2527—2 14974—3	— VI.
6	Smar Zbrojowni Nr. 4 Kraków	0.0075	0.00525	0.0096	0.00672	0.0252	0.01764	0.00987		ślady	9504—1 2287—2 9522—3	— VIII.
7	Smar amerykański	0.0105	0.00735	0.0140	0.0980	0.0166	0.01162	0.00957		—	3375—1 3421—2 4996—3	— VII.
8	Smar niemiecki	0.0084	0.00588	0.0098	0.00686	0.0120	0.00840	0.00705		—	14482 - 1 5237—2 1026—3	— III.
8	Wazelina żółta	0.0068	0.0476	0.0088	0.00616	0.0100	0.00700	0.00597		—	9563—1 4608—2 4687—3	— II.
10	Ballistol	0.0054	0.00378	0.0084	0.00588	0.0090	0.00630	0.00532		—	3265—1 4855—2 2576—3	— I.

Wynik z analizy rdzy z luf kb neutralizacja

Tab. VII (dwa miesiące)

Rodzaj smaru	Nr. kb.	Ilość zużytego K. Mn 04	Ilość Fe	Średnia Fe	Średnia Cu	Uwagi
Kb. niesmarowane	2287 2699 3375	9.9 6.0 1.3	0. 01754 0. 01063 0.000762	0 01193	—	X.
Wazelina biała	3421 4534 3265	3.7 3.7 5.6	0.00656 0.00656 0.00992	0.00768	ślady	VI.
Olej Parafin.	2376 2728 4334	4.9 7.3 6.0	0.00868 0.01294 0.01063	0.01075	—	IX.
Fuol	13936 5051 12034	5.0 4.8 4.2	0.00886 0.00850 0.00744	0.00827	0.0049	VIII.
Smar Zbrojownia Kraków	13716 2527 14390	3.5 2.7 4.4	0.00620 0.00478 0.00780	0.00626	ślady	V.
Smar niemiecki	4855 4086 4996	3.8 3.0 2.9	0.00673 0.00532 0.00514	0.00573	0.0043	II.
Smar amerykański	14331 14075 2000	2.9 3.4 4.0	0.00514 0.00602 0.00708	0.00608	0.0041	IV.
Nitrolinol	4432 21755 13337	4.0 5.1	0.00708 0.00904	0.00806	ślady	VII.
Wazelina zwykła	15441 13455 3314	3.5 3.4 3.1	0.00620 0.00602 0.00549	0.00593	0.0027	III.
Ballistol	2897 2399 1026	2.0 5.0 3.8	0.00354 0.00673	0.00573	0.0057	I.

Uwaga: Kb. Mauzer wyr. Polski. Wystrzelono po 10 naboi i po nasmarowaniu luf pozostawiono na 2 miesiące w magazynie.

Drukarnia Techniczna Sp. Akc., Warszawa, ul. Czackiego 3/5.